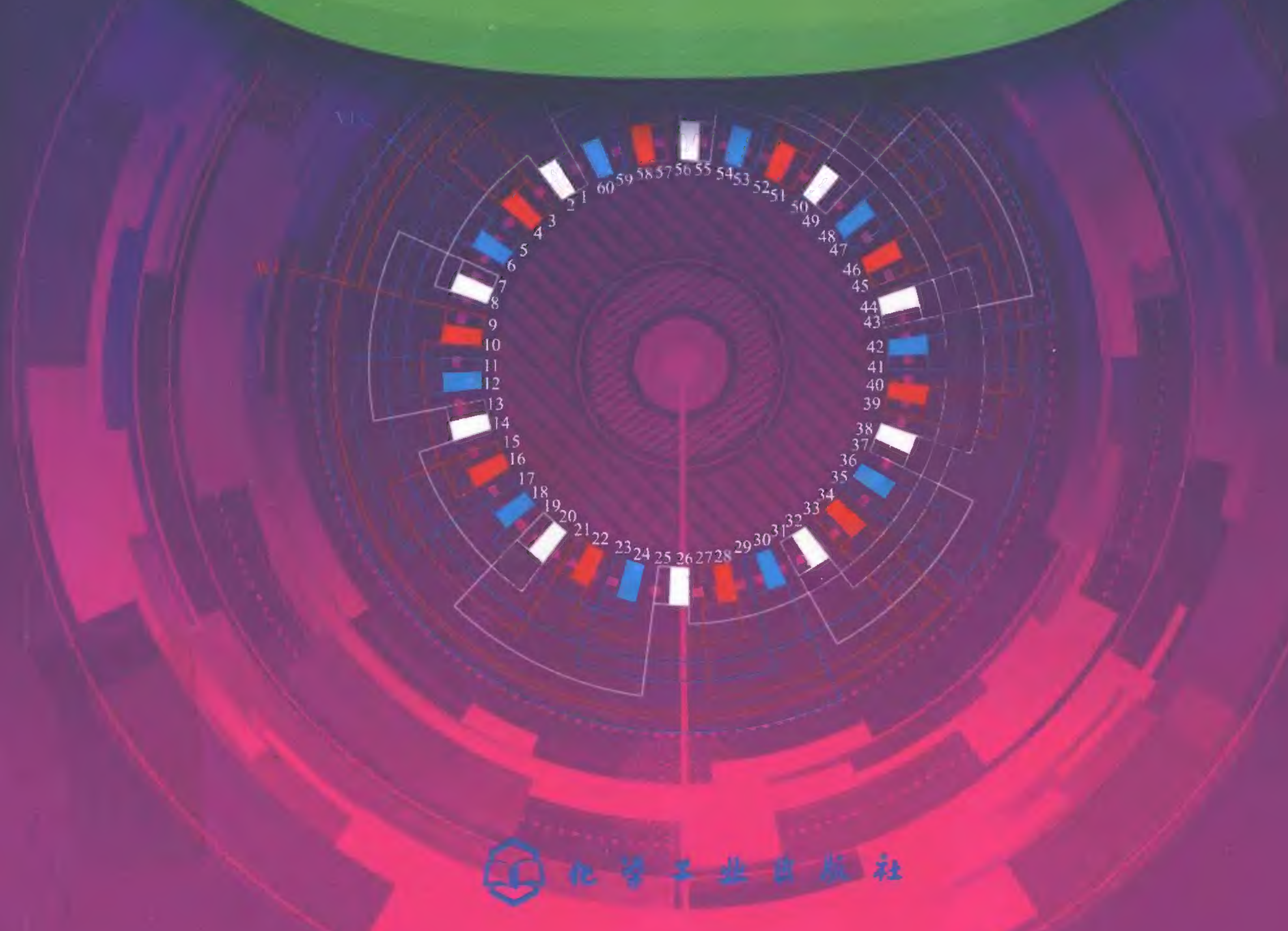
CHANGYONG DIANJI RAOZU JIANXIU SHOUCE

常用电机绕组检修手册

孙克军 主编　邓慧琼 王素芝 副主编



化学工业出版社

《常用电机绕组检修手册》编写人员

主　编　孙克军

副主编　邓慧琼　王素芝

参　编　闫和平　王忠杰　梁国状　赵卫利

韩　宁　方松平　张　颖　严晓斌

孙丽君　魏英静　常宇健　彭书端

宋军方　李俊格　杨春稳

前言

随着我国电力事业的飞速发展，电机在工业、农业、国防、交通运输、城乡家庭等各个领域均得到了日益广泛的应用。为了满足广大从事电机使用维修人员的需要，我们组织编写了这本《常用电机绕组检修手册》。

本书从当前中小微型电机使用与维修的实际情况出发，面向生产实际，搜集、查阅了大量与电机使用与维修等有关的技术资料，以基础知识和操作技能为重点。第 1 篇介绍了三相异步电机、直流电机、变极多速三相异步电机、单相异步电机、特殊用途电机、小型潜水电泵及深井泵用电机、单相串励电机与电动工具、小型同步发电机等各种中小微型电机绕组的基本类型和特点，重点阐述了绕组制作的一般问题、绕组展开图的绘制方法与实例、绕组的拆除绕制与绝缘结构、绕组的嵌线工艺、绕组的焊接工艺、绕组的绝缘处理、绕组的检查与试验、绕组的检修、绕组修理后的检查与试验、绕组改绕计算方法与实例，还介绍了常用电机使用维护与故障排除等；第 2 篇介绍了各种常用电机绕组展开图与接线圆图；第 3 篇介绍了各种常用电机的铁芯及绕组技术数据，并给出了各种常用电机电磁线代用速查表。

本书着重基本原理、基本方法、基本概念的分析和应用，并尽量联系电机使用与维修的生产实践，力求做到重点突出，以帮助读者提高解决实际问题的能力，而且在编写体例上尽可能适合自学的形式。本书的特点是密切结合生产实际，图文并茂、深入浅出、通俗易懂，书中列举了大量实例，具有实用性强，易于迅速掌握和运用的特点。

本书由孙克军主编，邓慧琼、王素芝副主编。第 1 篇第 1、3 章由孙克军编写，第 2、4、11 章由邓慧琼编写，第 5、6、7 章由王素芝编写，第 8、9 章由闫和平编写，第 10 章由彭书端编写；第 2 篇第 12 章由方松平编写，第 13 章由韩宁编写，第 14、15 章王忠杰编写，第 16、17 章由张颖编写；第 3 篇第 18 章由梁国状、魏英静、常宇健、杨春稳编写，第 19 章由赵卫利编写，第 20 章由孙丽君编写，第 21 章由严晓斌编写，第 22 章由宋军方编写，第 23 章由李俊格编写。编者对关心本书出版、热心提出建议和提供资料的单位和个人在此一并表示衷心地感谢。

由于编者水平所限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

主编

目录

第1篇　电机绕组的制作与检修

第2篇　常用电机绕组图

第 3 篇　常用电机技术数据

第 1 篇

电机绕组的制作与检修

第1章　绕组制作的一般问题

1.1　绕组的常用名词术语



1.1.1　交流绕组的常用名词术语

绕组是电机的主要部件之一。交流电机定子绕组常用名词术语如下。

① 线圈。线圈是构成绕组的最基本单元，所以也称为绕组元件。线圈可能由一匝电磁线绕成，也可能由多匝电磁线绕成。常见的线圈有菱形（又称梭形）线圈和弧形（又称半圆形）线圈。常用线圈及其简化画法如图 1-1 所示。

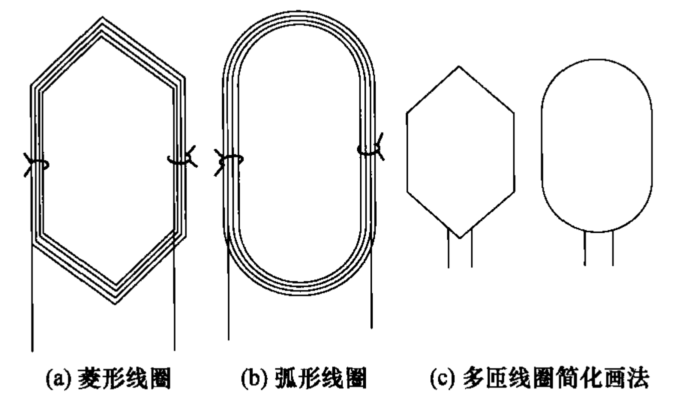


图 1-1　常用线圈及其简化画法

② 线圈组。由多个线圈按一定方法组成一组，称为线圈组。

③ 绕组。由多个线圈或线圈组按照一定规律连接在一起就形成了绕组。

④ 有效边。每个线圈都有两个直线边，这两条直线边分别嵌入铁芯槽内，电磁量转换主要通过嵌入铁芯槽内的直线部分进行，故称它为有效边。

⑤ 端部。两个有效边之间的连线称为端部，仅起到把有效边连接起来的作用。

⑥ 电角度。计量电磁关系的角度单位称为电气角度，简称电角度。电机圆周在几何上占有角度为 360°，称为机械角度。而从电磁方面看，对于一个按一定周期变化的物理量（磁动势、电动势、电压或电流等）完成一个交变周期，其相位即变化了 360°（2πrad）。我们把这种无形的角度称为电角度。因此，一对磁极占有空间电角度 360°。而对于 4 极（磁极对数 $p=2$）电机，其电角度为机械角度的两倍。一般而言，对于 p 对极电机，其电角度为机械角度的 p 倍，即

$$电角度=p\times 机械角度$$

⑦ 槽距角。定子相邻两槽之间的距离以电角度表示时，称为槽距电角，简称槽距角，用 α 表示。其计算式为

$$\alpha=\frac{p\times 360^\circ}{Z_1}$$

式中　Z_1——定子槽数。

⑧ 极距。每个磁极在定子铁芯的内圆上所占的范围称为极距，用 τ 表示。极距可以用槽数、对应的圆弧长度或电角度量度。即

$$\tau=\frac{Z_1}{2p}\ 或\ \tau=\frac{\pi D_{i1}}{2p}\ 或\ \tau=180^\circ$$

式中　Z_1——定子槽数；

D_{i1}——定子铁芯内径。

⑨ 线圈节距。一个线圈的两个有效边在定子铁芯内圆周所跨的距离称为节距，用 y 表示。节距可以用槽数或对应的圆弧长度量度，它有整距、短距和长距之分：

a. $y=\tau$ 时为整距线圈，它可以产生最大的感应电动势；

b. $y<\tau$ 时为短距线圈，它可以缩短线圈端部连线，节省导线，改善电机的性能；

c. $y>\tau$ 时为长距线圈，浪费导线，只在特殊电机（如单绕组变极多速异步电机）中采用。

节距（又称跨距）有两种表示形式，例如用槽数表示节距时，若 $y=8$，可表示为 $y=1-9$；同理，若 $y=9$，可表示为 $y=1-10$。

当在一台电机中使用不同节距的线圈时，可用 y_1、y_2、y_3 等加下角标的方法区分。

⑩ 每极每相槽数。每个磁极下面每相绕组所占的槽数称为每极每相槽数，用 q 表示，对于60°相带绕组，每极每相槽数 q 为

$$q=\frac{Z_1}{2pm}$$

而对于120°相带绕组，则每极每相槽数 q 为

$$q=\frac{Z_1}{pm}$$

式中　Z_1——定子槽数；

p——极对数；

m——相数，对于三相异步电机，$m=3$，对于单相异步电机，$m=2$。

⑪ 相带。为了使异步电机的定子绕组对称，通常令每个磁极下的每相绕组所占的范围相等，这个范围称为相带。

对于三相异步电机。由于一个磁极相当于180°电角度，分配到三相，则每相的相带为60°电角度，按60°相带排列的绕组称为60°相带绕组。三相异步电机还有一种划分相带的方法，即将每一对磁极分为三个等分，则每相的相带占120°电角度，也可以得到三相对称绕组。按120°相带排列的绕组称为120°相带绕组。由于60°相带绕组的合成电动势比120°相带绕组的合成电动势大，故除了单绕组变极多速异步电机外，一般都采用60°相带绕组。

⑫ 极相组。将一个磁极下属于同一相（即一个相带）的 q 个线圈，按照一定方式串联成一组，称为极相组。

⑬ 并联支路数。每相绕组中包含若干个线圈组（或极相组），这些线圈组可以按一定的方式连接（如串联、并联等），每相绕组能够并联所形成的支路数，称为并联支路数，用 a 表示（若每相绕组中的全部线圈组串联成一条支路时，则称并联支路数为1，即 $a=1$），并联时要求每条支路的匝数和线径（即电磁线截面积）均应相同，即要求每条支路的阻抗相同，否则易造成环流，并导致电机绕组发热。

⑭ 每相绕组的串联匝数。一般将每相绕组中一条支路的匝数称为每相绕组的串联匝数。

⑮ 对称三相绕组。三相交流电机中，三相绕组的每相串联匝数及线径均相同（即三相绕组的阻抗均相同），相与相之间在空间分别间隔120°电角度的三相绕组，称为对称三相绕组。

【例 1-1】 一台三相异步电机，定子槽数为48，极数 $2p=8$，求该电机的极距。

解
$$\tau=\frac{Z_1}{2p}=\frac{48}{8}=6$$

【例 1-2】 一台三相异步电机，定子槽数为 24，极数 $2p=4$，采用双层叠绕组，取节距 $y=\frac{5}{6}\tau$，求该电机的极距、节距、每极每相槽数及槽距角。

解 （1）极距
$$\tau=\frac{Z_1}{2p}=\frac{24}{4}=6$$

（2）节距
$$y=\frac{5}{6}\tau=\frac{5}{6}\times 6=5$$

（3）每极每相槽数
$$q=\frac{Z_1}{2pm}=\frac{24}{4\times 3}=2$$

（4）槽距角
$$\alpha=\frac{p\times 360°}{Z_1}=\frac{2\times 360°}{24}=30°$$

1.1.2 直流绕组的常用名词术语

① 元件：指两端分别与两个换向片连接的单匝或多匝线圈。

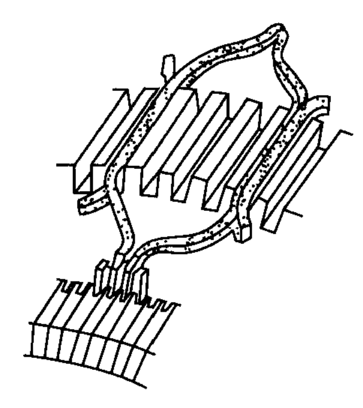


图 1-2　电枢绕组元件在槽内的放置

② 元件边：元件在槽内的放置，如图 1-2 所示。每一个元件有两个放在槽中能切割磁通、感应电动势的有效边，称为元件边。每个元件的两个元件边嵌在电枢的不同槽内，放在槽下层的有效边称为下层元件边，画绕组展开图时，用虚线表示；放在槽上层的有效边称为上层元件边，画绕组展开图时用实线表示。

③ 实槽与虚槽：为了改善电机的性能，往往希望用较多的元件来组成电枢绕组。但是，由于工艺等原因，电枢铁芯有时不便开太多的槽，故只能在每个槽的上、下层各放置若干个元件边，如图 1-3 所示。这时，为了确切说明每一个元件所处的具体位置，引入了“虚槽”的概念。设槽内每层有 u 各元件边，则把每一个实际的槽看作包含 u 个“虚槽”，每个虚槽的上、下各有一个元件边。在一般情况下，实际的槽数 Z 与虚槽数 Z_u 的关系如下：

$$Z_u=uZ$$

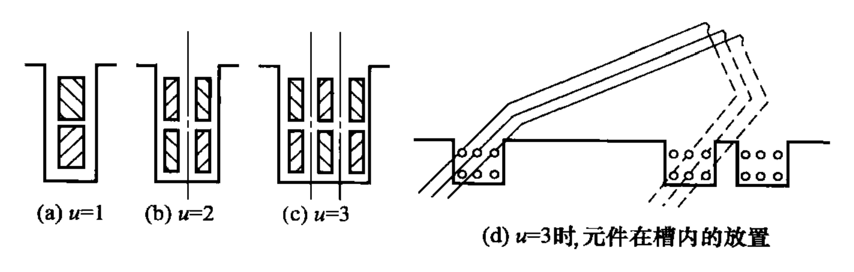


图 1-3　实槽与虚槽

在说明元件的空间安排情况时，就一律以虚槽来编号，用虚槽数作为计算单位。

因为每一个元件有两个元件边，而每个虚槽的上、下层各有一个元件边，显然元件数 S 和虚槽数 Z_u 相等。因为每个元件的头尾分别接到不同的两个换向片上，而每一个换向片都同时接有一个元件的上层元件边和另一个元件的下层元件边，所以元件数 S 一定与换向片

数K相等，即

$$S=K=Z_u$$

④ 极距：每个磁极在电枢铁芯的外圆上所占的范围称为极距，用τ表示。极距可以用虚槽数或对应的圆弧长度量度，即

$$\tau=\frac{Z_u}{2p}\text{或}\tau=\frac{\pi D_a}{2p}$$

式中 Z_u——电枢的虚槽数；

D_a——电枢铁芯外径；

p——电机的极对数。

⑤ 第一节距：元件的两条有效边在电枢表面上所跨的距离称为第一节距，用y_1表示。第一节距的大小通常用所跨的虚槽数计算，如图1-4和图1-5所示。因为元件边放置在槽内，所以y_1一定要为整数，否则无法嵌线。为了得到较大的感应电动势，y_1最好等于或者接近于一个极距，即

$$y_1=\frac{Z_u}{2p}\pm\varepsilon$$

式中，ε是为使y_1凑成整数的一个小数。当$y_1=Z_u/(2p)$时，第一节距y_1恰好等于极距ε，称为整距绕组，当$y_1<Z_u/(2p)$时，称为短距绕组；当$y_1>Z_u/(2p)$时，称为长距绕组。短距绕组端接线较短，故应用较广。

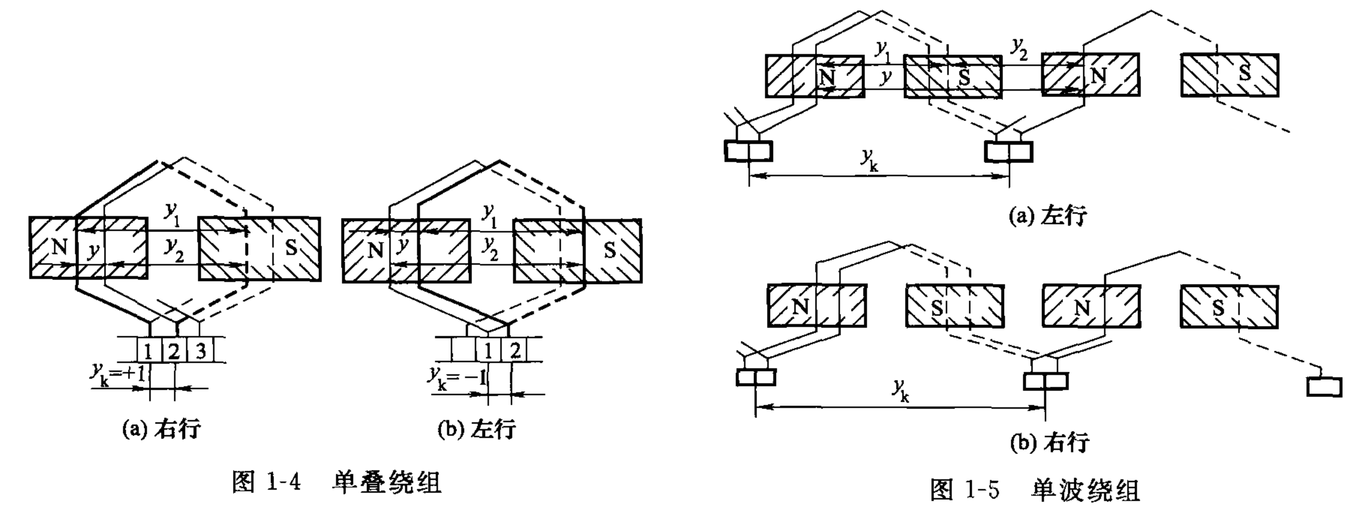


图1-4 单叠绕组

图1-5 单波绕组

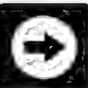
⑥ 第二节距：利用同一个换向片串联起来的两个元件中，第一个元件的下层元件边与第二个元件的上层元件边之间在电枢表面上所跨的距离，称为第二节距，用y_2表示。第二节距也用虚槽数计算。在叠绕组中y_2为负值，在波绕组中y_2为正值。

⑦ 合成节距：相串联的两个元件的对应边在电枢表面所跨的距离，称为合成节距，用y表示。合成节距也用虚槽数计算。各种类型的电枢绕组之间的差别，主要表现在合成节距上。

⑧ 换向器节距：同一个元件的两个出线端所接的两个换向片之间在换向器表面所跨的距离，称为换向器节距，用y_k表示。换向器节距的大小用换向片数计算。

由于元件数等于换向片数，每连接一个元件时，元件边在电枢表面前进的距离，应当等于其出线端在换向器表面所前进的距离，所以换向器节距应当等于合成节距，即

$$y_k=y$$

1.2 绕组结构的分类 

1.2.1 交流电机绕组的分类

1.2.1.1 按定子绕组的形状与嵌装方式分类

三相异步电机定子绕组在定子铁芯槽内嵌放的形式是多种多样的，一般有以下的分类方法：

① 按定子铁芯槽内线圈有效边层数分类，有单层绕组、双层绕组和单双混合绕组三种。

② 按每极每相槽数 q 分类，有整数槽绕组（q 为整数）和分数槽绕组（q 为分数）两种。

③ 按线圈形状和端部连接方式分类，双层绕组又可分为叠式绕组和波式绕组等；单层绕组又可分为同心式绕组、链式绕组和交叉式绕组等。

④ 按相带分类，有 60°相带绕组、120°相带绕组等。

三相异步电机定子绕组的分类、结构特点及应用范围见表 1-1。

表 1-1 三相异步电机定子绕组的分类

分类		结构特征	应用范围	优缺点
单层同心式	单层两平面同心式	一个线圈内套另一个小线圈，绕组端部分成两个平面	用于 2、4 极，功率在 30kW 以下的较小容量电机中	优点：嵌线方便，节铜，不易击穿 缺点：磁动势波形不够好，谐波分量较大
	单层三平面同心式	一个线圈内套一个小线圈，绕组端部分成三个平面		
单层链式		各线圈都为同一个节距	应用于 $q=2$ 的 4、6、8 极较小功率电机中	
单层交叉式		两组绕组节距不等，且一组为偶数，一组为奇数，线模尺寸不同	应用于 $q=3$、5、7 的 2、4、6 极较小功率电机中	
整数槽双层绕组		每极每相槽数等于整数。每个槽内的绕组都分两层，其间用绝缘材料隔开	应用于容量较大的电机中（一般为中心高 160mm 及以上的电机）	优点：磁动势波形好，谐波小，损耗低启动及运行性能都较好 缺点：嵌线工时较长
分数槽双层绕组		每极每相槽数不为整数。每个槽内的绕组分两层，之间用绝缘材料隔开		
单双层绕组		有的槽内为双层，有的槽内为单层，混合使用	一般用于 45kW 以下的小型电机中	兼有单层、双层优点并克服上述两者缺点

1.2.1.2 按定子绕组形成的磁极数分类

根据电机的磁极数与绕组分布形式产生不同磁极数的关系，定子绕组可分为显极式与庶极式两种类型。

（1）显极式绕组

每个线圈组形成一个磁极的绕组，一般称为显极式绕组。在显极式绕组中，每相绕组的线圈组数与电机的磁极数相等，为使磁极的极性 N 和 S 交替排列，每相相邻的两个线圈组中的电流方向必须相反，即每相相邻的两个线圈组的连接方式必须是反接串联，即常称为

“头接头”、“尾接尾”。

图 1-6 为具有四个凸极的显极式绕组示意图。除凸极式单相罩极异步电机及直流电机外，一般电机都没有凸出的磁极，本图采用示意画法，以便较形象地说明问题。

（2）庶极式绕组

每个线圈组形成一对磁极的绕组，一般称为庶极式绕组（或称为隐极式绕组）。在庶极式绕组中，每相绕组的线圈组数为电机的磁极数的一半，因为另半数磁极由线圈组产生的磁通共同形成，如图 1-7 所示。

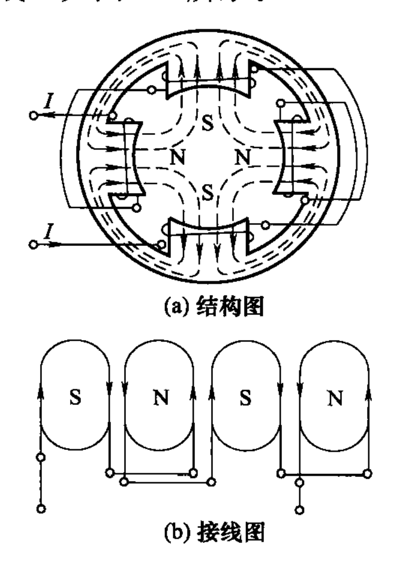


图 1-6　显极式绕组示意图

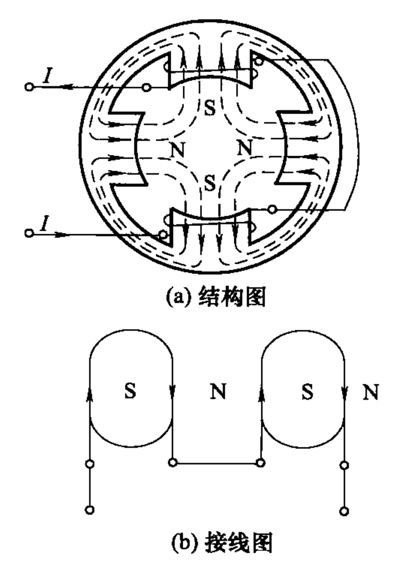


图 1-7　庶极式绕组示意图

在庶极式绕组中，每相绕组中的各个线圈组所形成的磁极极性都相同，因而各个线圈组中的电流方向都相同，即每相相邻的两个线圈组的连接方式必须是顺接串联，即常称为“尾接头”。

1.2.1.3　转子绕组的分类

转子绕组分为笼型和绕线型两种。

（1）笼型转子绕组

笼型绕组是由插入每个转子铁芯槽中的裸导条与两端的环形端环连接组成。如果去掉铁芯，整个绕组就像一只笼子，故称为笼型转子绕组，如图 1-8 所示。中小型异步电机的笼型转子绕组，一般都用熔化的铝液浇入转子铁芯槽中，并将两个端环与冷却用的风扇翼浇注在一起，如图 1-8（a）所示。对于容量较大的异步电机，由于铸铝质量不易保证，常用铜条插入转子槽中，再在两端焊上端环，如图 1-8（b）所示。

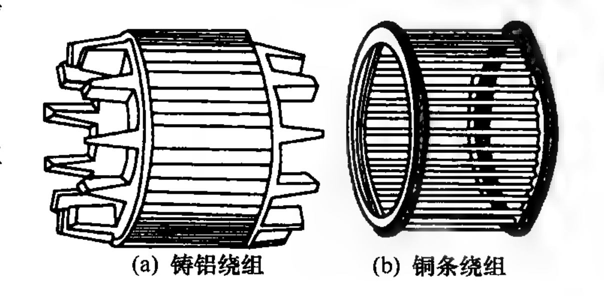
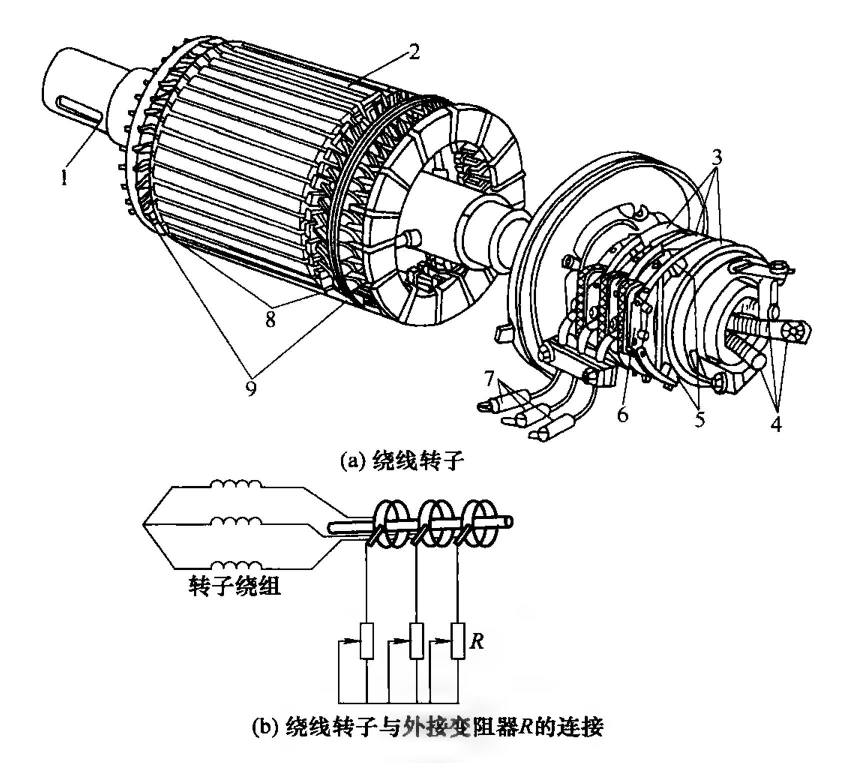


图 1-8　笼型转子绕组

（2）绕线型转子绕组

绕线型转子绕组与定子绕组相似，也是把绝缘导线嵌入槽内，接成三相对称绕组，一般采用星形（Y）连接，三根引出线通过转轴内孔分别接到固定在转轴上的三个铜制的互相绝缘的集电环（俗称滑环）上，转子绕组可以通过集电环和电刷与外接变阻器相连，用以改善电机的启动性能或调节电机的转速。绕线转子如图 1-9（a）所示。绕线转子绕组与外接变阻器的连接，如图 1-9（b）所示。



(a) 绕线转子

(b) 绕线转子与外接变阻器R的连接

图 1-9　绕线转子

1—转轴；2—转子铁芯；3—集电环；4—转子绕组引出线头；5—电刷；6—刷架；7—电刷外接线；8—三相转子绕组；9—镀锌钢丝箍

1.2.2　直流电机绕组的分类

1.2.2.1　直流电机电枢绕组的分类

直流电机的电枢绕组有叠绕组、波绕组和混合绕组（又称蛙形绕组）三种类型。叠绕组中又有单叠绕组和复叠绕组之分。波绕组中也有单波绕组和复波绕组之分。

单叠绕组和单波绕组是电枢绕组的基本形式。复叠绕组、复波绕组分别是单叠绕组、单波绕组的组合。混合绕组则是叠绕组和波绕组的组合。

单叠绕组和单波绕组分别如图 1-4 和图 1-5 所示。

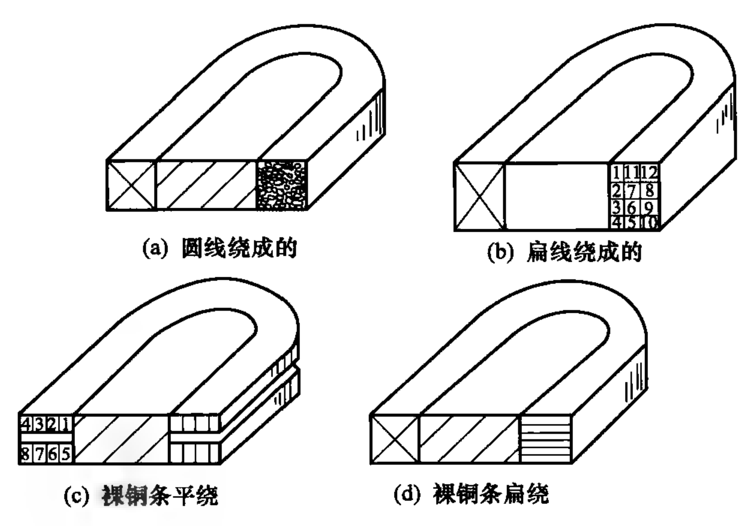
1.2.2.2　直流电机励磁绕组的分类

磁极线圈从工艺上分类可分为绝缘导线绕制的和裸铜（铝）条绕制的两种。绝缘导线绕制的又分为圆导线和扁导线两种。裸铜条绕制的又可分为平绕（宽边弯绕）和扁绕（窄边弯绕）两种。

绝缘圆导线绕制的磁极线圈如图 1-10（a）所示。直流电机的并励绕组线圈匝数较多而电流不大时，可以做成这一种。电流较大的中小型直流电机的主磁极线圈，可用高强度聚酯漆包扁铜（或铝）线或双玻璃丝包扁线绕制，如图 1-10（b）所示。为了出头方便，可按图中所示序号绕制（第 11 匝、12 匝为预先留线反绕）。出头的是最外面的第 10 匝和第 12 匝。

用裸铜条平绕的磁极线圈如图 1-10（c）所示。匝间绝缘在绕制过程中用绝缘带边绕边垫。为了工艺上的方便，线圈的段数最好为双数，这样抽头方便。

用裸铜条扁绕的线圈如图 1-10（d）所示。绕线应在扁绕机上连续进行。线圈绕好后经过退火、整形等处理，按一定的设计匝数焊好引线，再垫匝间绝缘。这种线圈广泛用作直流



(a) 圆线绕成的　(b) 扁线绕成的

(c) 裸铜条平绕　(d) 裸铜条扁绕

图 1-10　磁极线圈的类型

电机串励绕组、换向极绕组和同步电机磁极绕组。

磁极线圈按其对地绝缘方式不同又可分为三种：①卷烘式——铁芯上包上云母纸、玻璃漆布等绝缘，用漆或树脂粘牢，加热固化，最后把绕好的线圈套上去；②骨架式——用金属的或绝缘的骨架，把绝缘和线圈装上去，然后进行浸漆（或浸胶）处理，最后再和铁芯装在一起；③直接绕线式——磁极铁芯上包好绝缘以后，直接把导线绕在铁芯上面。

1.3　对绕组的技术要求 

绕组是电机的重要部件之一，它的价格高，制造费工时，又是最容易损坏的部件，因此，绕组制造是电机制造中的关键工序之一。由于制造和运行维护的需要，绕组应满足下列基本要求。

（1）尺寸和形状的准确性

线圈的轴向长度、宽度（或弦长）以及每个线圈边截面的宽度和高度等应符合图样要求。

如果尺寸和形状不准确，线圈将无法嵌入槽内，即使嵌进去，也很难排列整齐，有时还会使绝缘损坏，造成匝间短路、相间短路或接地。

（2）绝缘的可靠性

在电机运行中，线圈将受到电磁力、机械力及热应力的综合作用，为了使绕组的绝缘能在复杂的工作条件下长期可靠地运行，要求绝缘可靠性应有较多的裕度。电机必须在出厂试验中承受得住耐压试验。

为保证电机在正常工作温度下长期运行，要正确选择绝缘材料。绝缘层要致密均匀，无空隙存在，绝缘漆（或胶）要坚实。

（3）绕组的牢固性

电机绕组应能够承受在启动、突然短路等恶劣条件下电磁力以及其他外力的作用，而不产生变形和磨损，因此，在嵌线后必须将绕组牢固地加以紧固。

（4）焊接质量的可靠性

在电机绕组中，各种焊接接头必须具有良好的导电性能、力学性能、抗腐蚀性能、抗老化和冷热交变性能等，以保证焊接质量长期稳定可靠。因此，焊接后的接触电阻要小，以免

造成局部发热或脱焊、断线等事故。

（5）其他要求

绕组所用的材料应供应方便、价格低廉。结构和工艺的选择应力求节省工时，减轻劳动强度，尽可能避免采用有毒性和刺激性的物质。有的电机绕组还应满足耐酸、耐碱、耐油等特殊要求。

1.4　绕组常用的导电材料



1.4.1　电机绕组常用的电磁线

绕制电机绕组用的导线是一种具有绝缘层的导线，其作用是通过电流产生磁场，或切割磁力线产生感应电动势，实现电能和磁能的相互转换，故称为电磁线（又称绕组线）。

电磁线种类繁多，按照其截面的形状，可分为圆线、扁线和带状导线三种。圆线和扁线截面均有统一的标准尺寸。带状导线截面尺寸按设计需要，可与电线厂商定。较小的截面用圆线，为了便于绕线和嵌线，在小型电机中所用的圆线直径一般在 1.6mm 以下。要求用较大截面时，可用几根并绕或几路并联，也可以采用扁线。

电磁线的绝缘层目前除天然材料外，主要采用有机合成高分子化合物（如缩醛、聚酯、聚氨酯、聚酯亚胺树脂等）和无机材料（如玻璃丝等）。由于单一材料构成的绝缘层在性能上有一定的局限性，因此有的电磁线采用复合绝缘或组合绝缘。

电磁线按照绝缘层的特性和用途可分为漆包线、绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线四大类。

从工艺的角度及运行条件来看，电机绕组采用的电磁线的绝缘应该具有足够的机械强度和足够的电气强度，具有较好的耐溶剂性，能适应浸漆过程的需要。电磁线的耐热性应该比较高，以保证电机的使用寿命。为了提高铁芯槽面积的利用率，电磁线绝缘要求越薄越好。

电磁线型号中汉语拼音代号的含义，见表 1-2。

各种电机的常用电磁线，见表 1-3。

表 1-2　电磁线型号中汉语拼音代号的含义

绝缘层				导体		派生
绝缘漆	绝缘纤维	其他绝缘层	绝缘特征	导体材料	导体特征	
Q(Y)① 油性漆 QZ—聚酯类漆 QZ(G)—改性聚酯 QQ—缩醛类漆 QA—聚氨酯漆 QX—聚酰胺漆 QY—聚酰亚胺漆 QH—环氧漆	M—棉纱 SB—玻璃丝 SR—人造丝 ST—天然丝 Z—纸	V—聚氯乙烯 YM—氧化膜 BM 玻璃膜	B—编织 C—醇酸浸渍 E—双层 G—硅有机浸渍 J—加厚 N—自黏性 F—耐冷冻剂性 S—彩色 S—三层	T② 铜线 L—铝线 TWC 无磁性铜线	B—扁线 D—带(箔) J—绞制 R—柔软	1—薄漆层 2—厚漆层 3—特厚漆层

① Y 为油性漆代号，一般省略不写。

② T 为铜导体代号，一般省略不写。

注：Q 为漆包圆电磁线代号。

表 1-3　各种电机的常用电磁线

种类	绕组线名称	耐温等级/℃	交流发电机		交流电机								直流电机
			大型	中小型	一般用途	通用大型	通用中小型	通用微型	起重、辊道型	防爆型	耐制冷剂型	电动工具	轧钢、牵引型
漆包线	缩醛漆包线	E(120)			●		●	●				●	
	聚氨酯漆包线	E(120)、B(130)、F(155)						●					
	聚酯漆包线	B(130)、F(155)			●		●	●					●
	聚酯亚胺漆包线	H(180)			●		●	●	●	●	●	●	●
	聚酰胺酰亚胺漆包线	C(200)		●			●	●	●		●	●	●
	聚酰亚胺漆包线	C(220)										●	
	自黏直焊漆包线	E(120)						●					
	自黏性漆包线	E(120)、B(130)、F(155)						●					
	耐制冷剂漆包线	A(105)									●		
	聚酯亚胺-聚酰胺酰亚胺漆包线	C(200)		●			●	●	●	●	●	●	●
绕包线	玻璃丝包线	B(130)、F(155)、H(180)		●	●	●	●		●	●			●
	玻璃丝包漆包线	B(130)、F(155)、H(180)	●	●		●			●	●			●
	聚酰亚胺薄膜绕包线	C(220)	●			●							●
	玻璃丝包聚酯薄膜绕包线	E(120)	●	●		●	●		●	●			

注：表中注有“●”者，表示可供选用的电磁线。

1.4.1.1　漆包线

漆包线的绝缘层是漆膜，在导线上涂覆绝缘漆后烘干而成。漆的特点是漆膜较薄、均匀、光滑，有利于线圈的高速绕制，广泛应用于中小型电机、电器及微型电工电子产品中。

漆包线直径及漆膜厚度应符合国家标准规定（见表 1-4 和表 1-5）。

表 1-4　漆包圆线标称规格　　mm

导体标称直径	最大外径			导体标称直径	最大外径			导体标称直径	最大外径		
	1 级	2 级	3 级		1 级	2 级	3 级		1 级	2 级	3 级
0.018	0.022	0.024	—	0.125	0.144	0.154	0.163	0.900	0.959	0.989	1.018
0.020	0.024	0.027		0.140	0.160	0.171	0.181	1.000	1.062	1.094	1.124
0.022	0.027	0.030	—	0.160	0.182	0.194	0.205	1.120	1.184	1.217	1.248
0.025	0.031	0.034	—	0.180	0.204	0.217	0.229	1.250	1.316	1.349	1.381
0.028	0.034	0.038	—	0.200	0.226	0.239	0.252	1.400	1.468	1.502	1.535
0.032	0.039	0.043	—	0.224	0.252	0.266	0.280	1.600	1.670	1.706	1.740
0.036	0.044	0.049	—	0.250	0.281	0.297	0.312	1.800	1.872	1.909	1.944
0.040	0.049	0.054	—	0.280	0.312	0.329	0.345	2.000	2.074	2.112	2.148
0.045	0.055	0.061	—	0.315	0.349	0.367	0.384	2.240	2.316	2.355	2.392
0.050	0.060	0.066		0.355	0.392	0.411	0.428	2.500	2.578	2.618	2.656
0.056	0.067	0.074	—	0.400	0.439	0.459	0.478	2.800	2.880	2.922	2.961
0.063	0.076	0.083	—	0.450	0.491	0.513	0.533	3.150	3.233	3.276	3.316
0.071	0.084	0.091	0.097	0.500	0.544	0.566	0.587	3.550	3.635	3.679	3.721
0.080	0.094	0.101	0.108	0.560	0.606	0.630	0.653	4.000	4.088	4.133	4.176
0.090	0.105	0.113	0.120	0.630	0.679	0.704	0.728	4.500	4.591	4.637	4.681
0.100	0.117	0.125	0.132	0.710	0.762	0.789	0.814	5.000	5.093	5.141	5.186
0.112	0.130	0.139	0.147	0.800	0.855	0.884	0.911				

表 1-5　漆包圆线的最小漆膜厚度　　单位：mm

导体标称直径	最小漆膜厚度 1级	2级	3级	导体标称直径	最小漆膜厚度 1级	2级	3级	导体标称直径	最小漆膜厚度 1级	2级	3级
0.071	0.007	0.012	0.018	0.315	0.019	0.035	0.053	1.400	0.036	0.069	0.103
0.080	0.007	0.014	0.020	0.355	0.020	0.038	0.057	1.600	0.038	0.071	0.107
0.090	0.008	0.015	0.022	0.400	0.021	0.040	0.060	1.800	0.039	0.073	0.110
0.100	0.008	0.016	0.023	0.450	0.022	0.042	0.064	2.000	0.040	0.075	0.113
0.112	0.009	0.017	0.026	0.500	0.024	0.045	0.067	2.240	0.041	0.077	0.116
0.125	0.010	0.019	0.028	0.560	0.025	0.047	0.071	2.500	0.042	0.079	0.119
0.140	0.011	0.021	0.030	0.630	0.027	0.050	0.075	2.800	0.043	0.081	0.123
0.160	0.012	0.023	0.033	0.710	0.028	0.053	0.080	3.150	0.045	0.084	0.127
0.180	0.013	0.025	0.036	0.800	0.030	0.056	0.085	3.550		0.086	0.130
0.200	0.014	0.027	0.039	0.900	0.032	0.060	0.090	4.000		0.089	0.134
0.224	0.015	0.029	0.043	1.000	0.034	0.063	0.095	4.450	—	0.092	0.138
0.250	0.017	0.032	0.048	1.120	0.034	0.065	0.098	5.000		0.095	0.142
0.280	0.018	0.033	0.050	1.250	0.035	0.067	0.100				

注：1. 表中系标称直径 0.071mm 及以下漆包圆线的最小漆膜厚度。
2. 介于相邻标称直径的中间规格，取较大标称直径相应的最小绝缘厚度。

漆包线的性能主要由漆膜决定，一般包括下列几项。

① 力学性能：漆膜应具有良好的弹性和适当的柔软性及伸长率，以保证在绕线、嵌线和张形、整形等过程中，漆膜能经受摩擦、弯曲、拉伸和压缩等作用而不致损伤。

② 电气性能：击穿电压是反映漆包线漆膜承受过电压能力的重要指标，其值取决于漆膜品种、厚度，而且与导体表面光洁程度有关。

③ 热学性能：热学性能包括漆膜的软化击穿、热老化和热冲击性能。软化击穿性能反映漆膜在一定压力下的耐热变形的能力；热老化性能反映漆膜经受较短时间的热作用后，保留一定弹性的能力；热冲击性能反映漆膜在烘焙、浸渍过程中或过载运行时，漆膜承受热冲击（急冷、急热）而不致破裂的能力。

漆包线的耐热等级主要是参考热寿命试验的结果，以及其热冲击性能、软化击穿性能等综合评定的。其评定方法是用漆包线绞合成线，对样品在不同的温度下进行长期老化试验。

漆包线按其长期使用温度及使用特点不同，可分为普通漆包线、耐高温漆包线和特种漆包线三大类。

普通漆包线为长期使用温度在155℃及以下的漆包线，如聚酯、缩醛、聚氨酯及环氧漆包线等。普通漆包线的品种、规格、特点和主要用途，见表 1-6。

表 1-6　普通漆包线的品种、规格、特点和主要用途

产品名称	型号	规格/mm	温度指数/℃	特点 优点	局限性	主要用途
缩醛漆包铜圆线	QQ-1 QQ 2 QQ-3	0.018～2.500	120(E)	1. 热冲击性优 2. 耐刮性优 3. 耐水解性好	漆膜卷绕后，易产生湿裂(浸渍前须在120℃左右加热 1h以上，以消除应力)	普通中小电机、微电机绕组
缩醛漆包铜扁线	QQB-1 QQB-2	a边:0.80～5.60 b边:2.00～16.00				
聚酯漆包铜圆线	QZ 1/130 QZ 2/130	0.018～3.150 0.018～5.00	130(B)	1. 耐电压性能优 2. 软化击穿性能好 3. 改性聚酯热冲击性能较好	1. 耐水解性差 2. 与含氯高分子化合物(聚氯乙烯、氯丁胶等)不相容	通用中、小电机绕组
改性聚酯漆包铜圆线	QZ(G)-1/155 QZ(G) 2/155	0.020～3.150 0.020～5.00	155(F)			

续表

产品名称	型号	规格/mm	温度指数/℃	特点		主要用途
				优点	局限性	
聚酯漆包铜扁线	QZB-1/130 QZB-2/130	a 边:0.80～5.60 b 边:2.00～16.00	130(B)	1. 耐电压性能优 2. 软化击穿性能好 3. 改性聚酯热冲击性能较好	1. 耐水解性差 2. 与含氯高分子化合物(聚氯乙烯、氯丁胶等)不相容	通用中、小电机绕组
改性聚酯漆包铜扁线	QZ(G)B-1/155 QZ(G)B-2/155	a 边:0.80～5.60 b 边:2.00～16.00	155(F)			

耐高温漆包线为长期使用温度在 180℃及以上的漆包线，如聚酰亚胺、聚酯亚胺、聚酯亚胺、聚酰胺漆包线等。耐高温漆包线的品种、规格、特点和主要用途，见表 1-7。

表 1-7 耐高温漆包线的品种、规格、特点和主要用途

产品名称	型号	规格/mm	温度指数/℃	特点		主要用途
				优点	局限性	
聚酯亚胺漆包铜圆线	QZY-1/180 QZY-2/180	0.018～2.500	180(H)	1. 耐热性、热冲击性、软化击穿性优 2. 耐刮性优 3. 耐化学药品性优，耐冷冻剂性优	与含氯高分子化合物不相容	高温、高负荷电机，牵引电机
聚酯亚胺/聚酰胺复合漆包铜圆线	Q(ZY/X)-1/180 Q(ZY/X)-2/180 Q(ZY/X)-3/180	0.050～3.15 0.050～5.00 0.250～1.60				
聚酯亚胺漆包铜扁线	QZYB-1/180 QZYB-2/180	a 边:0.80～5.60 b 边:2.00～16.00				
聚酯亚胺/聚酰胺酰亚胺漆包铜扁线	Q(ZY/XY)B-1/200 Q(ZY/XY)B-2/200	a 边:0.80～5.60 b 边:2.00～16.00	200(C)	1. 有较高耐热性和力学性能 2. 在密闭装置中，有优良耐冷冻剂性能	与含氯高分子化合物不相容	高温、高负荷电机，高级制冷密封电机中的绕组
聚酯亚胺/聚酰胺酰亚胺漆包铜圆线	Q(ZY/XY)-1/200 Q(ZY/XY)-2/200	0.050～2.000 0.050～5.00				
聚酰亚胺漆包铜圆线	QY-1/220 QY-2/220	0.018～2.500	220(C)	1. 耐热性最优 2. 软化击穿、热冲击性优，能承受短期过载 3. 耐低温性优 4. 耐辐照性优 5. 耐溶剂、耐化学药品性优	1. 耐刮性尚可 2. 耐碱性差 3. 耐水解性差 4. 漆膜卷绕后产生湿裂(浸渍前应在 150℃左右加热 1h 以上，消除裂痕)	耐高温电机、密封式电机的绕组
聚酰亚胺漆包铜扁线	QYB-1/220 QYB-2/220	a 边:0.80～5.60 b 边:2.00～16.00	220(C)			

特种漆包线中的耐冷冻剂漆包线的规格、特点和主要用途，见表 1-8。

表 1-8 耐冷冻剂漆包线的规格、特点和主要用途

产品名称	型号	规格/mm	温度指数	特点		主要用途
				优点	局限性	
耐冷冻剂漆包铜圆线	QF	0.60～2.50	105(A) 155(F) 180(H)	在密封装置中能耐潮，耐冷冻	漆膜卷绕后产生湿裂(浸渍前须在 120℃左右加热 1h 以上)	空调设备和制冷设备电机的绕组

④ 化学性能：反映漆膜承受酸、碱、盐雾、有机溶剂等化学物品侵蚀的能力。

1.4.1.2 绕包线

目前电机绕组常用的绕包线主要有玻璃丝包线和薄膜绕包线。

玻璃丝包线是用无碱玻璃丝紧绕在裸导线或漆包线上，并经胶黏绝缘漆浸渍烘焙而成。玻璃丝包线的耐热性能、电气性能和力学性能均较漆包线好，耐热等级取决于胶黏绝缘漆和漆包线的耐热性能。

薄膜绕包线具有更高的耐热性能、电气性能和力学性能，是一种很有发展前途的新型绕包线。目前应用的有玻璃丝包聚酯薄膜绕包线和聚酰亚胺薄膜绕包线等。

绕包线的品种、规格、特点和主要用途，见表1-9。

表1-9 电机用绕包线的品种、规格、特点和主要用途

	产品名称	型号	规格/mm	特点			主要用途
				温度指数/℃	优点	局限性	
纸包线	聚酰胺纤维纸(Nomax)纸包铜圆线 聚酰胺纤维纸(Nomax)纸包铜扁线				1. 能经受严酷的加工工艺 2. 无工艺污染		中型高温电机的绕组
纤维绕包线	B级双玻璃丝包铜圆线 B级双玻璃丝包铝圆线 F级双玻璃丝包铜圆线 F级双玻璃丝包铝圆线 H级双玻璃丝包铜圆线 H级双玻璃丝包铝圆线	SBE/130 SBEL/130 SBE/155 SBEL/155 SBE/180 SBEL/180	0.300～5.00	130(B) 155(F) 180(H)	1. 过负载性优 2. 耐电晕性优	1. 弯曲性较差 2. 耐潮性较差	中型、大型电机绕组
纤维绕包线	B级单玻璃丝漆包铜圆线 F线单玻璃丝漆包铜圆线 H级单玻璃丝漆包铜圆线	SBQ/130 SBQ/155 SBQ/180	0.300～2.500	130(B) 155(F) 180(H)	1. 过负载性优 2. 耐电压、耐电晕性优 3. 绝缘层较薄		中型电机绕组
纤维绕包线	B级双玻璃丝包铜扁线 B级双玻璃丝包铝扁线 F级双玻璃丝包铜扁线 H级双玻璃丝包铜扁线	SBEB/130 SBELB/130 SBEB/155 SBEB/180	*a*边：0.08～5.60 *b*边：2.00～16.00	130(B) 155(F) 180(H)	1. 过负载性优 2. 耐电晕性优	1. 弯曲性较差 2. 耐潮性较差	中型、大型电机绕组
纤维绕包线	B级单玻璃丝包漆包铜扁线 B级双玻璃丝包漆包铜扁线 B级单玻璃丝包漆包铝扁线 B级双玻璃丝包漆包铝扁线 F级单玻璃丝包漆包铜扁线 F级双玻璃丝包漆包铜扁线 H级单玻璃丝包漆包铜扁线 H级双玻璃丝包漆包铜扁线	SBQB/130 SBEQB/130 SBQLB/130 SBEQLB/130 SBQB/155 SBEQB/155 SBQB/180 SBEQB/280	*a*边：0.80～5.60 *b*边：2.00～16.00	130(B) 155(F) 180(H)	1. 过负载性优 2. 耐电压、耐电晕性优	弯曲性较差	中型、大型电机绕组
薄膜绕包线及复合绕包线	B级单玻璃丝包薄膜绕包铜扁线 B级双玻璃丝包薄膜绕包铜扁线 F级单玻璃丝包薄膜绕包铜扁线 F级双玻璃丝包薄膜绕包铜扁线 H级单玻璃丝包薄膜绕包铜扁线 H级双玻璃丝包薄膜绕包铜扁线	SBMB/130 SBEMB/130 SBMB/155 SBEMB/155 SBMB/180 SBEMB/180	*a*边：0.80～5.60 *b*边：2.00～16.00	130(B) 155(F) 180(H)	1. 过负载性优 2. 耐电压性优	绝缘层较厚	在较严酷的工艺条件下，中型、大型电机绕组

续表

	产品名称	型号	规格/mm	特点			主要用途
				温度指数/℃	优点	局限性	
薄膜绕包线及复合绕包线	聚酰亚胺氟46复合薄膜绕包铜圆线	MYFE	2.50～6.00	220(C)	1. 耐高温、耐低温好 2. 耐电压性能高 3. 耐辐射性优	1. 耐碱性能差 2. 在含水密封系统中易水解	高温电机和特殊场合使用电机绕组
	聚酰亚胺氟46薄膜绕包铜扁线	MYFBE	a边：0.80～5.60 b边：2.00～16.00				
	玻璃丝包聚酯薄膜绕包铜扁线	-	a边：1.12～5.6 b边：2.00～15.00	120(E)	1. 耐电压击穿性好 2. 绝缘层机械强度高	绝缘层较厚，槽满率较低	高压电机用
	玻璃丝/涤纶丝混合绕包空心铜扁线			155(F)	通过氢冷可降低周围温度	线硬，加工很困难	大型电机，汽轮发电机、水轮发电机的绕组

1.4.1.3 特种电磁线

目前电磁线具有适用于特殊环境的绝缘结构和性能。例如聚乙烯绝缘尼龙护套电磁线具有良好的耐水、耐热、耐老化性能和较高的机械强度，绝缘可靠，使用寿命较长，但槽空间利用率低。

特种电磁线的品种、规格、特点和主要用途，见表 1-10。

表 1-10 特种电磁线的品种、规格、特点和主要用途

产品名称	型号	规格/mm	特点			主要用途
			温度指数/℃	优点	局限性	
玻璃丝包中频电磁线	QZJBSB	宽：2.10～8.00 高：2.80～12.5	130(B)	1. 多根漆包线绞成，柔软性好，可降低集肤效应 2. 嵌线工艺简单		1000 ～ 8000Hz 的中频变频机绕组
漆包铜芯聚乙烯绝缘尼龙护套耐水电磁线	QYN	截面积 5.0mm²	70	1. 耐水性良好 2. 护套机械强度高	槽满率低	潜水电机绕组
绞合铜芯聚乙烯绝缘尼龙护套耐水电磁线	SYN	截面积 23.6mm²				

1.4.2 电机绕组引接软电缆和软线

电机绕组引接软电缆和软线主要指直接永久与电机绕组连接，并引出机壳（或绕组）与电机壳体接线柱连接的电线，也可用作继电器、变压器引接线。

电机引接线共有四个系列：连续运行导体最高温度为 70℃、90℃、180℃的软电缆和软线，以及耐氟利昂软线。

电机引接线最重要的技术问题是工艺处理后电线的开裂，因此电线成品形式试验项目中包括：弯曲后耐电压试验、热效应处理后耐电压试验、溶剂处理后耐电压试验和浸漆处理后耐电压试验等，这些都是电机引接线的关键指标。耐氟利昂软线主要用于冰箱、压缩机的电

机配套，需通过相应要求的耐制冷剂、耐溶剂、耐环境应力开裂、柔软性、加热收缩、热稳定、热老化、绝缘对导体夹紧力等试验，以保证制冷设备长期可靠运行。

① 连续运行导体最高温度为 70℃的电机绕组引接软电缆和软线。该产品适用于连续运行导体最高温度为 70℃的电机绕组引接线，其交流额定电压为 500V、1000V、3000V、6000V，敷设时的允许弯曲半径应不小于电缆（电线）外径的 4 倍。

电机绕组引接软电缆（70℃）名称和型号，见表 1-11。

表 1-11　电机绕组引接软电缆（70℃）名称和型号

型　号	名　称
JV	铜芯聚氯乙烯绝缘电机绕组引接电缆(电线)
JF	铜芯丁腈聚氯乙烯复合物绝缘电机绕组引接电缆(电线)
JXN	铜芯橡皮绝缘丁腈护套电机绕组引接电缆(电线)
JXF	铜芯橡皮绝缘氯丁护套电机绕组引接电缆(电线)

② 连续运行导体最高温度为 90℃的电机绕组引接软电缆和软线。该产品适用于连续运行导体最高温度为 90℃的电机绕组引接线，其额定电压为 500V、1000V、3000V、6000V，敷设时的允许弯曲半径不小于电缆（电线）外径的 4 倍。

电机绕组引接软电缆（90℃）名称和型号，见表 1-12。

表 1-12　电机绕组引接软电缆（90℃）名称和型号

型　号	名　称
JE	铜芯乙丙橡皮绝缘电机绕组引接电缆(电线)
JEH	铜芯乙丙橡皮绝缘氯磺化聚乙烯护套电机绕组引接电缆(电线)
JEM	铜芯乙丙橡皮绝缘氯醚护套电机绕组引接电缆(电线)
JH	铜芯氯磺化聚乙烯绝缘电机绕组引接电缆(电线)

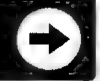
③ 连续运行导体最高温度为 180℃的电机绕组引接软电缆和软线。该产品适用于连续运行导体最高温度为 180℃的电机绕组引接线，其额定电压为 500V、1000V，敷设时的允许弯曲半径不小于电缆（电线）外径的 4 倍。

连续运行导体最高温度为 180℃的电机绕组引接软电缆和电线的型号为 JG，名称为铜芯硅橡皮绝缘电机绕组引接电缆（电线）。

④ 电机绕组耐氟利昂引接软线。该产品主要用于冰箱、压缩机等电机绕组引接线，具有良好耐制冷剂、耐溶剂和耐环境应力等特性。使用时交流额定电压为 500V 及以下。电线敷设时允许弯曲半径不小于电线外径的 4 倍。

电机绕组耐氟利昂引接软线的型号有 JZ 和 JF46 两种，JZ 表示铜芯聚酯薄膜（纤维）绝缘耐氟利昂电机引接软线；JF46 表示镀锡铜芯聚全氟乙丙烯绝缘耐氟利昂电机引接软线。JZ 型电线结构由铜导体、内编织层、绕包层、外编织层等组成；JF46 型电线结构由镀锡铜导体、挤包绝缘层等组成。

1.5 绕组常用的绝缘材料



1.5.1 对绝缘材料性能的基本要求

绕组运行的可靠性和使用寿命，很大程度上取决于绝缘材料的性能。对绝缘材料性能的

基本要求如下。

(1) 具有良好的电气性能

绝缘材料的电气性能包括绝缘强度、绝缘电阻、介电系数和介质损耗等。

① 绝缘强度：又称击穿电场强度，简称击穿强度。它是指绝缘材料被“击穿”而丧失绝缘能力时的电场强度，其单位为 kV/mm。绝缘材料的击穿强度是考核绝缘材料电气性能的一个重要指标。相应于击穿单位厚度绝缘材料时所加的电压称为击穿电压。

由于绝缘材料的击穿与散热条件有关，故温度对击穿强度的影响很大，温度越高，击穿强度越低。此外，材料中水分、电压作用时间、电场的均匀性和电压交变频率等均影响绝缘材料的击穿强度。

② 绝缘电阻：电介质的导电能力极差，但是并不存在绝对不导电的物体，在一定电压作用下，总有一些微小电流流过。因此，电介质仍然存在一个电阻大小的问题，与金属导体不同的是它的电阻数量级要大得多，故称为绝缘电阻，以兆欧（MΩ）为单位。

同一种材料，温度不同或材料表面质量（水分或污物）不同，对绝缘电阻有较大的影响。随着温度增加，材料内原子和电子的活动加剧，因此绝缘电阻减小。因为水是导电的，绝缘材料受潮后，绝缘电阻将明显降低。

③ 介电系数：绝缘材料的介电系数表示在电场作用下，绝缘材料内部电荷移动的情况，即极化程度。一般介电系数随电场频率增高而逐级下降，随材料吸湿而增大。由于温度影响极化，介电系数在某一温度会出现峰值。

④ 介质损耗：又称介电损耗，绝缘材料在直流电压作用下，由于存在着泄漏电流，它将引起电介质发热，损耗一部分能量。在交变电压作用下，情况更复杂，它不仅存在着泄漏电流引起的能量损耗，还有由于电场的交变引起的附加能量损耗。介质损耗主要是指交流电压下，电介质本身发热所造成的能量损耗。

介质损耗不但与电介质的极化、导电性以及电介质不均匀性有关，还与外界条件如温度、电压、频率及水分等有关。

(2) 具有良好的耐热性能

由于电机运行时不可避免地因损耗而发热，因此使用的绝缘材料必须具有良好的耐热性。绝缘材料的耐热性直接决定了电机的允许温升。

按照耐热性划分绝缘材料的等级是绝缘材料最重要的分级方法。

(3) 具有良好的力学性能

绝缘材料作为电机的绝缘和结构零件，在绕组包扎、成型和嵌装等过程中，以及电机运行时，经常会受到各种机械应力的作用，如拉、压、弯、剪、冲击等，因而相应提出抗拉、抗压、抗弯、抗剪和抗冲击等方面的指标要求。如果绝缘材料的力学性能很差，很容易因机械力影响，而使电气性能显著下降。

对绝缘材料还有一些特殊的性能要求，如耐溶剂性、耐油性、渗透性等，可在有关标准中查到。

1.5.2 绝缘材料的耐热等级

绝缘材料可按下面三种方法分类。

① 按材料的形态可分为固体、液体和气体三种。

② 按材料的化学成分可分为有机材料和无机材料。有机绝缘材料用得最为广泛；无机

绝缘材料，如云母、玻璃、陶瓷、石棉等，一般均与有机绝缘材料配合使用，以克服其力学性能上的弱点。

③ 按材料的耐热水平可分为Y、A、E、B、F、H、C七个等级。每一耐热等级对应于一定极限工作温度（见表1-13），在这个温度以下能保证绝缘材料长期使用而不影响其性能。

表1-13　绝缘材料的耐热等级

耐热等级代号	极限工作温度/℃	绝缘材料举例
Y	90	未浸渍过的棉纱、丝及纸等材料或其组合物，如棉纱、布带、木头等
A	105	浸渍过的或者浸在液体电介质中的棉纱、丝及纸等材料或其组合物，如漆布、漆绸等
E	120	合成有机薄膜、合成有机磁漆等材料或其组合物，如玻璃布、环氧树脂等
B	130	用合适的树脂粘合或浸渍、涂覆后的云母、玻璃纤维、石棉等，以及其他无机材料、合适的有机材料或其组合物
F	155	用合适的树脂粘合或浸渍、涂覆后的云母，玻璃纤维、石棉等，以及其他无机材料、合适的有机材料或其组合物，如云母带、玻璃漆布
H	180	用有机硅树脂粘合或浸渍、涂覆后的云母、玻璃纤维、石棉等材料或其组合物，如硅有机材料、有机硅云母制品，复合云母
C	180以上	纯无机材料，如云母、玻璃、石棉、石英、陶瓷和特殊有机材料（如聚四氟乙烯等）

为了便于管理和选用，对各种绝缘材料进行了统一编号，规定以四位数表示。绝缘材料产品型号的含义见表1-14。

由表1-14可知，左起第一位数字表示绝缘材料的分类；左起第二位数字表示同类材料的不同品种；左起第三位数字表示材料的绝缘等级，如1为A级、2为E级、3为B级、4为F级、5为H级、6为C级；最后一位数字表示材料序号，即表示同类绝缘材料在配方、成分及性能上的差别。例如1031和1032漆，同属B级绝缘浸渍漆，但1031为丁基酚醛醇酸漆，1032为三聚氰胺醇酸漆。

表1-14　绝缘材料产品型号的含义

第一位数字表示大类	第二位数字表示小类	第三位数字表示参考工作温度
1—漆、树脂和胶类	0　有溶剂浸渍漆类 1　无溶剂浸渍漆类 2　覆盖漆类 3—磁漆类 4　胶粘漆、树脂类 5　熔敷粉末类 6　硅钢片漆类 7—漆包线漆类 8—胶类	1—参考工作温度为105℃ 2—参考工作温度为120℃ 3—参考工作温度为130℃ 4—参考工作温度为155℃ 5　参考工作温度为180℃ 6　参考工作温度为180℃以上
2—浸渍纤维制品类	0—棉纤维漆布类 2　漆绸类 4—玻璃纤维漆布类 6—防电晕漆布类 7—漆管类 8—绑扎带类	
3—层压制品类	0—有机底材层压板类 2—无机底材层压板类 3—防电晕及导磁层压板类 4—覆铜箔层压板类 5—有机底材层压管类 6—无机底材层压管类 7　有机底材层压棒类 8　无机底材层压棒类	
4　塑料类	0—木粉填料塑料类 1—其他有机物填料塑料类 2—石棉填料塑料类 3—玻璃填料塑料类 4—云母填料塑料类 5—其他矿物填料塑料类 6　无填料塑料类	

续表

第一位数字表示大类	第二位数字表示小类	第三位数字表示参考工作温度
5　云母制品类	0—云母带类　　5—换向器云母板类 1—柔软云母板类　　7—衬垫云母板类 2—塑型云母板类　　8—云母箔 4—云母带类　　9—云母管	1—参考工作温度为 105℃ 2—参考工作温度为 120℃ 3—参考工作温度为 130℃ 4—参考工作温度为 155℃ 5—参考工作温度为 180℃ 6—参考工作温度为 180℃以上
6—薄膜、黏带和复合制品类	0—薄膜类　　5—薄膜绝缘纸及薄膜玻璃漆布复合箔 2—薄膜黏带类　　6—薄膜合成纤维纸复合箔 3—橡胶及织物黏带类　　7—多种材质复合箔	

注：1. 云母制品型号中不附加数字的为白云母制品。附加数字的意义为：1—粉云母制品；2—金云母制品；3—鳞片云母制品。

2. 覆铜箔板的产品顺序号，奇数为单面覆铜箔，偶数为双面覆铜箔。

3. 在型号最后附加字母“T”，表示含有杀菌剂或防霉剂。

4. 第四位数字以及必要时增加的第五位数字，表示产品品种顺序号。

1.5.3　电机常用的绝缘材料

1.5.3.1　纤维制品

电机绕组常用的纤维制品主要指的是布、绸、纸等，在电机中主要用于包扎线圈或作衬垫绝缘，这类材料很少单独使用，而是将它浸渍处理后制成漆布（绸）等使用。

用醇酸漆或油溶性漆浸渍的布（绸）呈黄色，称为黄漆布、黄漆绸，它耐油性好。用沥青漆浸渍的布（绸）呈黑色，称为黑漆布、黑漆绸，它耐油性较差，但电气性能较好。

目前这些漆布（绸）由于绝缘等级和材料来源的限制，已逐渐被玻璃漆布所代替。

绝缘纸在电机绝缘中最常用的是青壳纸。青壳纸也称薄钢纸。它是由纸类经氯化锌溶液处理而成，广泛用来作电机槽绝缘。青壳纸具有良好的抗张强度（例如厚度为 0.4mm 以下的青壳纸，纵向 90～140MN/m^2，横向 35～40MN/m^2），电击穿强度可达 11～15kV/mm，但抗吸水性较差。青壳纸可与聚酯薄膜制成复合材料，用作 E 级槽绝缘。

合成树脂纤维纸主要有聚酯纤维纸、芳香族聚酰胺纤维纸、芳香族聚砜酰胺纤维纸和恶二唑纤维纸等。它们具有优良的电气性能和力学性能，是中小型电机提高绝缘等级的关键性绝缘材料。

聚酯纤维纸（又称聚酯无纺布）可与聚酯薄膜制成复合制品（DMD），用于 B 级电机槽绝缘。

1.5.3.2　玻璃纤维制品

玻璃纤维是由熔融的玻璃块快速拉成的极细（5～7μm）的丝。在电工用的都是含碱量在 2%以下的无碱玻璃纤维。这样细的丝，使玻璃固有的脆性变柔软，抗张强度大大提高。玻璃纤维是无机材料，具有不燃性和相当高的耐热性。

在中小型电机绝缘中，应用最广泛的有玻璃漆布（用作槽绝缘和相间绝缘）及玻璃漆管（用作导线连接的保护绝缘）两种。

玻璃漆布（管）由无碱玻璃布（管）浸以绝缘漆经烘干而成。绝缘等级和特性取决于所用绝缘漆的品种。

由漆布组成的绕组绝缘结构，一般都应进行浸渍处理，因此应注意漆布与浸渍漆的相容性（见表 1-15）。如果选择不当，在浸渍处理过程中会发生漆布的漆膜膨胀或脱落现象。

表 1-15　漆布与常用浸渍漆的相容性

漆布＼浸渍漆	油性漆-石油溶剂	醇酸漆苯类溶剂	醇酸酚醛漆-苯醇溶剂	醇酸三聚氰胺漆-苯石油溶剂	环氧树脂漆-苯醇溶剂	聚酯漆-苯类溶剂	有机硅漆-苯类溶剂	二苯醚漆-酮类溶剂	聚酰亚胺漆-强极性溶剂
油性漆布	优	良	良	良	良	0	0	0	0
沥青醇酸玻璃漆布	良	良	良	良	可	可	0	0	0
醇酸玻璃漆布	良	优	优	优	良	良	0	0	0
环氧玻璃漆布	0	良	良	良	优	良	0	0	0
有机硅玻璃漆布	0	0	0	0	0	0	良	可	0
硅橡胶玻璃漆布	0	0	0	0	0	0	可	可	0
聚酰亚胺玻璃漆布	0	0	0	0	0	0	0	0	可

注：相容性顺序是：优、良、可；0表示不推荐。

1.5.3.3　电工用薄膜与复合材料

若干高分子聚合物可以直接制成具有不同特性和用途的薄膜。电工用薄膜的特点是厚度薄、柔软、耐潮、电气性能和机械强度好。常用的电工薄膜有聚酯薄膜、聚酰亚胺薄膜、芳香聚酰胺薄膜、聚四氟乙烯薄膜等，主要用作电机线圈包绕绝缘和绕组衬垫绝缘。

在薄膜的一面或双面黏合纤维材料，如绝缘纸或漆布等，可组成复合材料。纤维用以提高薄膜的机械强度、抗撕强度和表面挺度。常用的薄膜复合材料主要用作中小型电机槽绝缘和层间绝缘。

1.5.3.4　绝缘纸与纸板

绝缘纸和纸板是由纤维制成。通常标重等于和小于225g/m^{2}的称为纸，标重大于225g/m^{2}的称为板。

绝缘纸有植物纤维绝缘纸、合成纤维绝缘纸和无机纤维绝缘纸。绝缘纸板有植物纤维纸板、合成纤维纸板和钢纸板。

绝缘纸和纸板广泛用于电机、电器和电缆的绝缘材料，也是层压制品、复合材料和预浸渍材料等绝缘材料制品的主要组成材料。

1.5.3.5　绝缘漆

绝缘漆的种类很多，电机绝缘用漆通常指浸渍漆，仅在“三防”电机中才需在端部另喷覆盖漆。

所有绝缘漆都有两部分主要材料组成，即漆基和溶剂。漆基是组成漆的基本成分，它使工件能形成一牢固的漆膜。利用石油分馏出的产品——沥青作漆基即为沥青漆（或称黑烘漆），它属于A级材料。目前较多的浸渍漆都采用合成树脂作为漆基，如环氧、酚醛、聚酯等。

用以溶解漆基的材料称为溶剂。大多数也是树脂类物质，如松节油、甲苯、二甲苯等。溶剂都是一些密度小的易挥发的液体，大多数是易燃的，而且有些对人体有刺激甚至有毒，因此在使用时必须采取一定的安全保护措施。

溶剂使漆的黏度降低，流动性和渗透性提高，通过烘焙处理又被挥发掉，并不成为漆膜的成分，也不影响漆的性能。

1.5.3.6　电机用灌封胶和浇注胶

环氧灌封胶常用于发电机定子线圈端部、直流电机磁极线圈和特种电机定子线圈等灌

封，起绝缘、固定、密封和防护等作用。要求灌封胶应具有高的黏结力，相应的耐热等级和高的导热性能，潜油电机用灌封胶还应有优异的耐高温油性能。

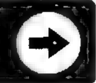
1.5.3.7　云母与云母绝缘制品

云母有天然云母和合成云母。天然云母中适合用作工业电介质的是白云母和金云母。白云母含钾离子多，颜色较明亮，力学性能和电气性能比金云母好。金云母含镁离子多，颜色较暗，耐热性比白云母高。合成云母的组成与金云母相似，但分子结构中 OH 基被 F 离子取代，提高了云母晶体的稳定性，具有比天然云母更好的耐高温性能。

云母具有优异的绝缘性能、耐热性和耐电晕性，通常将其加工成云母片、云母纸及各种云母绝缘制品，是用作高压电机、直流电机的绝缘材料。

第2章 绕组展开图的绘制方法与实例

2.1 交流电机定子绕组展开图的绘制方法与实例



2.1.1 交流绕组的基本要求

对交流绕组的基本要求如下：

① 在一定导体数下，获得较大的基波电动势和基波磁动势；

② 在三相绕组中，对基波来说，三相电动势和磁动势必须对称，即三相大小相等而相位上互差 120°，并且三相的阻抗也要求相等；

③ 电动势和磁动势波形力求接近正弦波，为此要求电动势和磁动势中的谐波分量尽可能小；

④ 用铜量少，绝缘性能和机械强度可靠，散热条件好；

⑤ 制造工艺简单，检修方便。

交流电机绕组的种类虽然很多，但现代主要采用三相双层绕组，因为它能较好地满足上述要求。

槽电动势星形图是分析绕组的一个有效方法，特别是用于分析比较复杂的绕组（如分数槽绕组、变极调速绕组等）时，概念比较清楚。

2.1.2 交流电机定子绕组展开图的绘制实例

2.1.2.1 交流电机定子绕组槽电动势星形图

从电工基础可知，当磁场为正弦波时，电动势可用角速度 $\omega=2\pi f$ 的旋转相量表示，相量间的相位差角与导体沿定子圆周的布置是对应的。

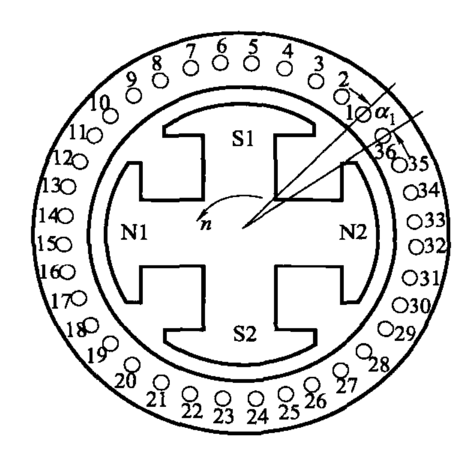


图 2-1 槽内导体沿定子圆周的分布情况

当把电枢上各槽内导体按正弦规律变化的电动势分别用相量表示时，这些相量构成一个辐射星形图，称为槽电动势星形图。下面用一个具体例子来说明。

【例 2-1】 已知一台三相同步发电机的极数 $2p=4$，定子槽数 $Z_1=36$，每槽内放置一根导体，定子槽内导体沿圆周分布情况如图 2-1 所示，试绘出槽电动势星形图。

解： 在图 2-1 中，相邻两槽间的距离以电角度表示时，称为槽距电角（简称槽距角），以 α_1 表示。由于整个电枢圆周为 360°机械角度，以电角度计算时，一对极距范围就等于 360°电角度。当电机有 p 对极时，则电枢圆周应为 $p\times360°$ 电角度，因此，槽距电角

$$\alpha_1=\frac{p\times 360^\circ}{Z_1}$$

式中　p——电机的极对数；

Z_1——定子槽数。

所以该电机的槽距角为

$$\alpha_1=\frac{p\times 360^\circ}{Z_1}=\frac{2\times 360^\circ}{36}=20^\circ$$

由于该电机的相数 $m=3$，所以对于 60°相带的绕组，其每极每相槽数 q 为

$$q=\frac{Z_1}{2pm}=\frac{36}{4\times 3}=3$$

而对于 120°相带的绕组，则其每极每相槽数 q 为

$$q=\frac{Z_1}{2pm}=\frac{36}{2\times 3}=6$$

假设磁极磁场的磁密沿气隙圆周按正弦规律分布，当转子沿逆时针方向恒速旋转，定子各槽内导体的感应电动势将随时间按正弦规律变化。由于各槽在空间彼此互差 α_1 电角度，因此各导体电动势在时间相位上也彼此互差 α_1 电角度。于是，假设 1 号槽的导体电动势以相量 1 表示［见图 2-2（a)］，则在图示的转子转向下，2 号槽的导体电动势相量 2 比相量 1 滞后 20°。同理相量 3 比相量 2 滞后 20°。依次类推，就可绘出图 2-2（a）所示的槽电动势星形图。从图可见，19、20、21……相量与 1、2、3……相量分别重合，这是由于它们在磁极下分别处于对应的位置，所以它们的感应电动势同相位。一般说，对于每极每相槽数 q 为整数的整数槽绕组，如果电机有 p 对极，则有 p 个重叠的槽电动势星形。

普遍地说，当 p 和 Z 有最大公约数 t 时，则有 t 个重合的槽电动势星形。对本例题而言，p 和 Z 的最大公约数为 2，故有两个重合的槽电动势星形。

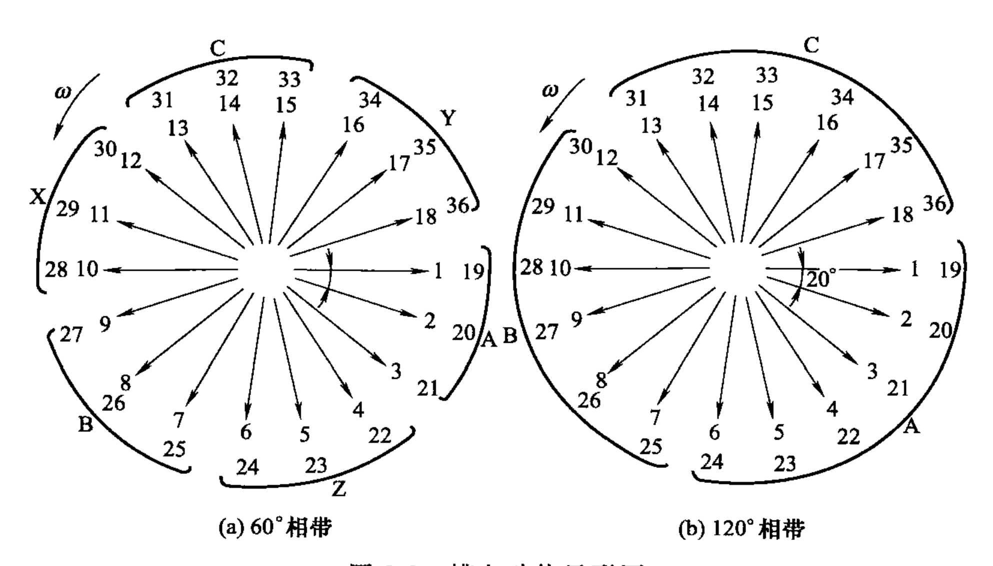


图 2-2　槽电动势星形图

2.1.2.2　三相双层叠绕组展开图的绘制

双层绕组的特点是每一个槽内有上下两个线圈边，线圈的一个边嵌在某一个槽的下层，另一个边则嵌在相隔 y 槽的上层，如图 2-3 所示，整个绕组的线圈数正好等于槽数。

交流电机的叠绕组和直流电机中的单叠绕组一样，任何两个相邻的线圈都是后一个叠在前一个的上面。然后把属于同一相的相邻线圈直接串联起来，再通过一定的连接法构成三相

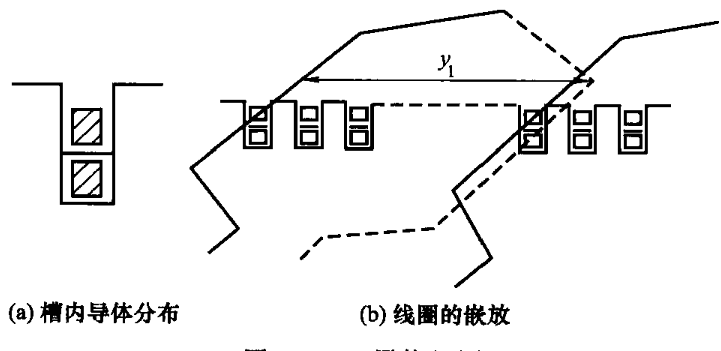


图 2-3　双层绕组图

绕组。下面用一个实例来说明。

【例 2-2】 已知：一台三相交流电机，$Z_1=36$，$2p=4$，试绘制一个并联支路数 $a=1$、60°相带的绕组三相双层叠绕组展开图。

解：绘展开图的步骤是：（1）绘槽电动势星形图；（2）分相；（3）绘绕组展开图（即把各相导体按一定规律连接成对称三相绕组）。现分析如下。

（1）绘槽电动势星形图　由于本例题的极数、槽数与图 2-1 相同，故槽电动势星形图与图 2-2（a）完全相同。

在双层绕组中，上层线圈边的电动势星形与槽电动势星形完全相同。下层线圈边的位置取决于线圈的节距 y。如果把各个线圈的上层边电动势相量与下层边电动势相量相减，可以得到各线圈的电动势相量，它们也构成一个电动势星形，相邻两相量间相位差也是 α_1。所以在双层绕组里，槽电动势星形的每一个相量既可以假定为槽内上层线圈边的电动势相量也可以假定为一个线圈的电动势相量。在下面的分析中就是把它看成一个线圈的电动势相量，如相量 1 是上层边嵌于槽 1 的线圈的电动势相量。如果将线圈的上层边所在槽号，作为该线圈的编号，则相量 1 就是 1 号线圈的电动势相量。

（2）分相　所谓分相，就是在星形图上划分各相所属槽号。分相的原则是使每相电动势最大，且三相电动势对称。为了使三相电动势相等，每相在每极下应占有相等的槽数，该槽数称为每极每相槽数，以 q 表示

$$q=\frac{Z_1}{2pm}$$

式中 m 是相数。对本例题而言

$$q=\frac{Z_1}{2pm}=\frac{36}{2\times2\times3}=3$$

根据分相原则和每极每相槽数 q，就可在星形图［图 2-2（a）］上进行分相。

以 A 相为例，由于 $q=3$，A 相在每个极下应占有三槽。在第一对极距范围内，如果在 S1 极下将 1、2、3 三个槽划归 A 相，在旁边标以字母 A，如图 2-2（a）所示。为了使每相合成电动势最大，则应把 N1 极下的 10、11、12 三个槽也划归 A 相，标以字母 X。类似地把第二对极距范围内的 19、20、21 和 28、29、30 六个槽也划归 A 相。

同理，为了使三相绕组对称，应将距 A 相 120° 处的 7、8、9、16、17、18 和 25、26、27、34、35、36 划归 B 相。而将距 A 相 240°处的 13、14、15、22、23、24 和 31、32、33、4、5、6 槽划归 C 相。

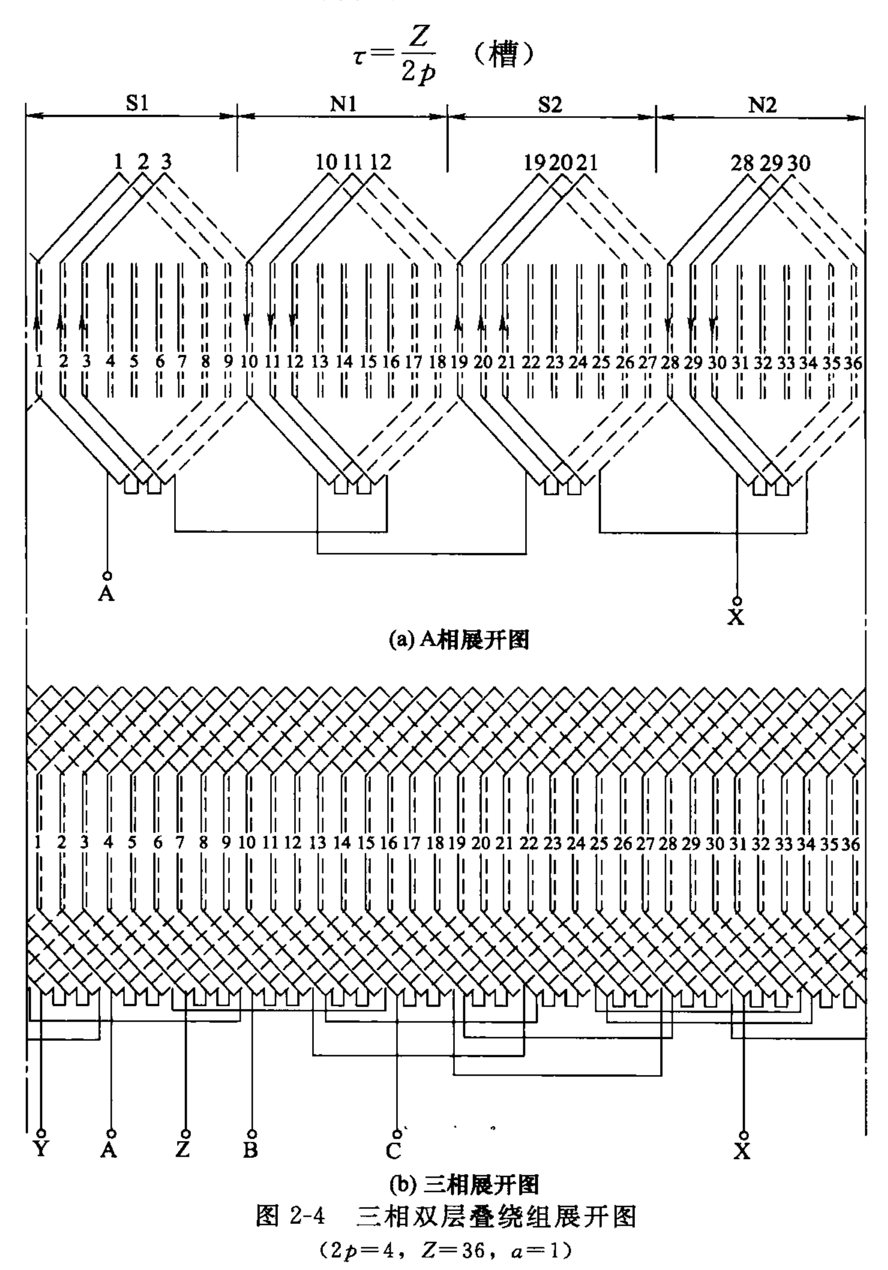
上述分相的特点是把每极下的定子槽数分为三等分，每相占一部分，故称每一等分为一

相带。这里因每一相带宽度相当于 $\frac{180^\circ}{m}=\frac{180^\circ}{3}=60^\circ$ 电角度，故称为 60°相带。

除上述分相方法，也可选 1、2、3、4、5、6 和 19、20、21、22、23、24 共 12 个槽作为 A 相，7、8、9、10、11、12 和 25、26、27、28、29、30 作为 B 相，以及 13、14、15、16、17、18 和 31、32、33、34、35、36 作为 C 相，而得到一个三相对称的 120°相带绕组，如图 2-2（b）所示。由于 60°相带绕组的合成电动势比 120°相带的大，故除了单绕组变极电机外，一般都用 60°相带绕组。

（3）绘绕组展开图　绘绕组展开图就是根据星形图上分相的结果，把属于各相的导体按一定规律连接起来，组成三相绕组。绘展开图时，把定子铁芯从齿中心沿轴向剖开，展成一平面，磁极在上面，如图 2-4 所示。由于原来编号是沿反时针编的（图 2-1），故展开后按自左至右编号。编号的原则是线圈和线圈的上层边所在的槽编为同一号码。绘图时，上层边用实线表示，下层边用虚线表示。其次把展开图上的槽分为 $2p$ 等分，每一等分为极距 τ。根据右手定则，可标出各槽内导体电动势的方向，如图 2-4（a）所示。然后，选择线圈节距，以 y 表示。设电机极距为 τ，以槽数计算时极距

$$\tau=\frac{Z}{2p}\quad(\text{槽})$$



(a) A相展开图

(b) 三相展开图

图 2-4　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z=36$，$a=1$）

对本例题，$\tau=\frac{Z}{2p}=\frac{36}{2\times2}=9$（槽）。则当 $y_1=\tau$ 时，称为整距绕组；当 $y_1>\tau$ 或 $y_1<\tau$ 时，分别称为长距或短距绕组。为了改善电动势波形以及节省材料，通常采用短距绕组。

设选用短距绕组，取 $y_1=7$ 槽，则第一槽的上层导体与第 8 槽的下层导体连接起来构成第一个线圈，余类推，见图 2-4（a）。由此可确定 A 相绕组在各相带内的槽号如表 2-1 所示。

表 2-1　A 相绕组在各相带内的槽号

极 \ 槽 \ 相带		A			Z			B			X			C			Y		
第一对极	槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	上层	●	●	●							●	●	●						
	下层	●							●	●	●							●	●
第二对极	槽号	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	上层	●	●	●							●	●	●						
	下层	●							●	●	●							●	●

在双层绕组中，因为每槽放两个线圈边，而一个线圈有两个线圈边，所以线圈数等于槽数。在本例题中，$Z=36$，故有 36 个线圈。这时图 2-2（a）所示的 36 根相量可以认为是 36 个线圈的电动势相量。

以 A 相为例，根据图 2-2（a）中 A 相所属的线圈相量，把上层边在第一个极下的 1、2、3 三个线圈串联起来（线圈 1 的尾与线圈 2 的头接在一起，余类推）得到一个线圈组。类似地，把在其他极下属于 A 相的 10、11、12；19、20、21；28、29、30 线圈分别串联起来构成另外三个线圈组。这样，A 相共有四个线圈组，如图 2-4（a）所示。

从图 2-2（a）可见，每个线圈组的合成电动势大小相等，相位相同或相反，故每个线圈组可以独立成为一条支路。这样，对每极每相整数槽双层叠绕组，如果电机有 $2p$ 个磁极，每相便有 $2p$ 个线圈组，故每相最大并联支路数 a_{max} 等于极数。即

$$a_{max}=2p$$

对具体电机而言，各线圈组是串联还是并联，视所选并联支路数 a 而定。在本例题中，因要求 $a=1$，所以四个线圈组应该串联成一条支路。由于不同极性下的线圈组电动势方向相反，如图 2-2（a）和图 2-4（a）所示，为了使整个绕组的电动势相加，线圈组串联时应采用“尾接尾，头接头”的规律。这样就连成了 A 相绕组，如图 2-4（a）所示。

同理，根据星形图上划分的 B 相和 C 相所属线圈相量，按同样规律连接起来，便构成 B 相和 C 相绕组。这样，可得三相绕组的展开图如图 2-4（b）所示。

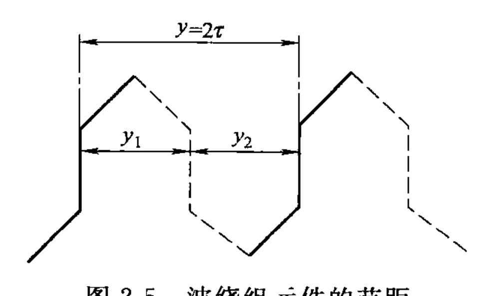


图 2-5　波绕组元件的节距

2.1.2.3　三相双层波绕组展开图的绘制

交流电机的波绕组和直流电机的波绕组类似，任何两个串联线圈沿绕制方向像波浪似地前进。和直流电机一样，用合成节距 y 来表征波绕组的连接规律（见图 2-5），它说明每串联一个线圈时，绕组沿绕制方向前进了

多少槽。由于波绕组是依次把同极性下的线圈串联起来，每次前进约一对极距（2τ）。故对整数槽波绕组来说，合成节距 y 通常选为一对极距，即

$$y=\frac{Z_1}{p}=2mq \quad （槽）$$

但当合成节距这样选择时，在绕组串联 p 个线圈（沿定子绕了一周）后，绕组将回到原来出发的槽号而自行闭合。因此，为了把所有属于同一相的线圈全部连接起来，每绕完一圈之后，必须人为地前进或后退一个槽，才能使绕组继续地绕下去。下面用具体例子来说明。

【例 2-3】 试将例题 2-2 绘成三相双层波绕组展开图。

解： 绘制波绕组展开图的步骤与绘制叠绕组的步骤完全相同。由于本例题与例题 2-2 有相同的槽数和极数，故槽电动势星形图和分相结果与例题 2-2 完全相同，见图 2-2（a），这里不再重复。

绘波绕组展开图时，首先应确定线圈的各种节距，设选合成节距

$$y=\frac{Z_1}{p}=\frac{36}{2}=18 \ （槽）$$

取第一节距

$$y_1=7 \ （槽）$$

则第二节距

$$y_2=y-y_1=18-7=11 \ （槽）$$

现以 A 相为例说明具体接法。设从 S1 极下槽 3 开始，按节距 y_1、y_2 和 y 进行连接，如图 2-6 所示，连接顺序如下：A1（头）—3 上—（3＋7＝10 下）—（10＋11＝21 上）—（21＋7＝28 下），这样绕过了两对极，即沿定子内圆表面绕过了一周。如果这时第二节距 y_2 仍用 11 槽，则绕组将接到 28＋11＝39＝36＋3，即回到 3 号槽的上层边而自行闭合。为了使绕组能继续绕下去，在绕第二圈时，把 y_2 缩短一槽，即使 $y_2=10$，使第二圈从第二槽的上层边开始往下绕，即（28＋10＝36＋2，即 2 上）—（2＋7＝9 下）（9＋11＝20 上）—（20＋7＝27 下）。又将 y_2 缩短一个槽距，使第三圈从 1 号槽的上层边往下绕，即（27＋10＝36＋1，即 1 上）—（1＋7＝8 下）—（8＋11＝19 上）—（19＋7＝26 下）—A2（尾）。至此，绕完了所有上层边在 S 极下属于 A 相的六个线圈，构成 A 相绕组的一半。

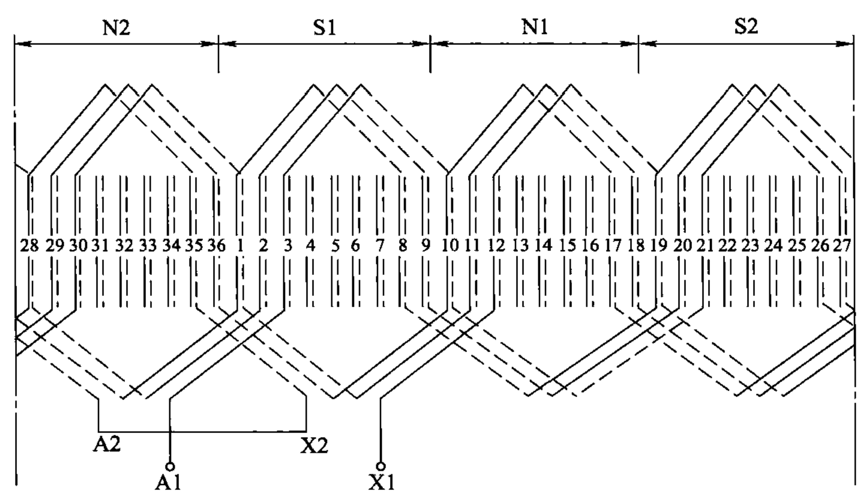


图 2-6　三相双层波绕组的 A 相展开图
（$2p=4$，$Z=36$，$a=1$）

同理，再从 N1 下把 A 相所属的槽按同样方法进行连接，其顺序为：X1（头）—12 上—(12+7=19 下)—(19+11=30 上)—(30+7=36+1 下)—(1+10=11 上)—(11+7=18 下)—(18+11=29 上)—(29+7=36 下)—(36+10=36+10 上)—(10+7=17 下)—(17+11=28 上)—(28+7=35 下)—X2（尾），绕完了所有上层边在 N 极下属于 A 相的六个线圈，构成 A 相绕组的另一半。由于这两半 A1—A2 和 X1—X2 的电动势方向相反，因此串联成一条支路时，应采用“尾接尾”，即 A2 和 X2 连接在一起。

从图 2-6 可见，当波绕组采用 $y=2\tau$ 时的连接规律是：绕组沿定子内圆表面绕行 q 圈，把所有上层边在 S 极下属于同一相的线圈按一定顺序串联起来，构成相绕组的一半，然后再沿定子内圆表面绕行 q 圈，把所有上层边在 N 极下属于同一相的线圈也按同样规律串联起来，构成相绕组的另一半。这两半绕组之间既可串联，也可并联，视所需支路数 a 所定。当串联时（图 2-6）则得 $a=1$，如果并联（A1 和 X2 连接作为头，A2 和 X1 连接作为尾），则得 $a=2$。

2.1.2.4　三相单层绕组展开图的绘制

单层绕组每槽只有一个线圈边，所以线圈数等于槽数的一半。单层绕组的形式很多，下面以等元件绕组为例说明单层绕组的连接规律。

(1) 等元件单层绕组

这种绕组每个线圈的节距都是相等的，现用具体例子来说明。

【例 2-4】 已知 $Z_1=36$，$2p=4$，$a=1$，试绘制一个 60°相带的三相单层等元件绕组展开图。

解： 单层绕组展开图的绘制步骤与双层绕组一样，由于本例题与前述双层叠绕组有相同的极数和槽数，所以星形图和分相结果仍如图 2-2 (a) 所示。

以 A 相为例，根据图 2-2 (a) 中 A 相所属的槽号，把在第一对极距范围内的 1、2、3 和 10、11、12 两部分槽内的线圈边连接起来，构成一个线圈组。同样，在第二对极距范围内，把属于 A 相的 19、20、21 槽和 28、29、30 槽的线圈边连接起来构成另一个线圈组。显然，这两个线圈组的电动势是同相位的。它们之间可以串联或并联，视所需并联支路数 a 而定。串联时为了使电动势相加，两线圈组应采用“尾接头”的方法，如图 2-7 所示。

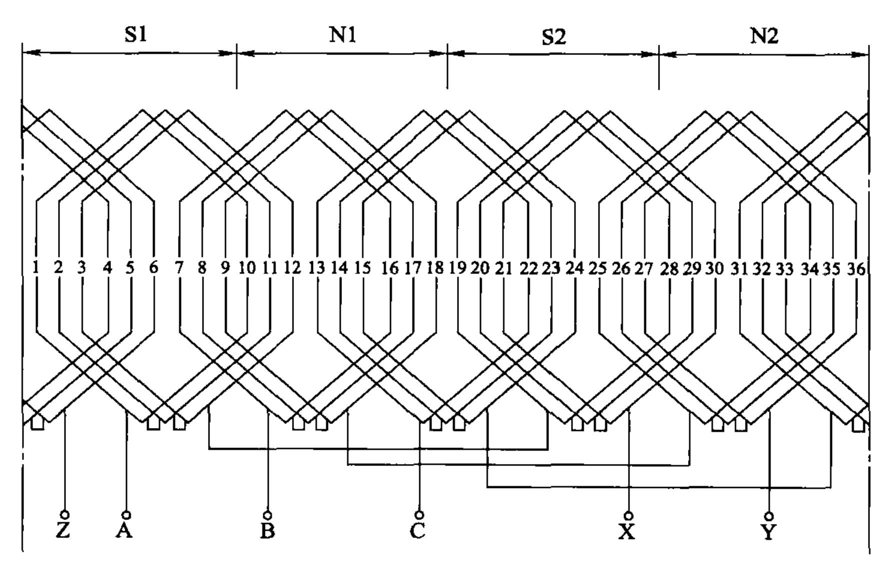


图 2-7　三相单层等元件绕组展开图

($Z=36$，$2p=4$，$a=1$)

同理，可利用星形图把属于B相和C相的线圈边连接起来，便得图2-7所示三相绕组展开图。

采用图2-7的连接法时，每个线圈的形状和大小都是一样的，故称为等元件绕组。图中每个线圈的节距 $y_1=\frac{Z_1}{2p}=9$ 槽，是一个整距绕组。在每极每相整数槽的双层叠绕组中，每相在每极下有一个线圈组，因此每相最大的并联支路数 $a_{max}=2p$；但在单层绕组中由于每相在每对极下才有一个线圈组，因此每相的最大并联支路数等于极对数，即 $a_{max}=p$。

（2）单层交叉式绕组和单层同心式绕组

单层绕组的其他连接形式是在等元件绕组的基础上发展起来的。从上面的分相可以看出，在交流电机中，当确定了各相所属线圈边（即槽号）之后，只要把各相的线圈边按电动势相加的原则进行连接，就可得到对称的三相绕组。具体连接时，应该使端部尽可能短，以节省用铜量，同时也应考虑工艺方便。由于各线圈边连接的先后次序并不影响电动势的大小，所以在例题2-1中，根据星形图2-2（a）中划分的各相槽号，我们可以合理地改变每相12个线圈边的连接法，而得到交叉式（图2-8）和同心式（图2-9）两种绕组展开图。

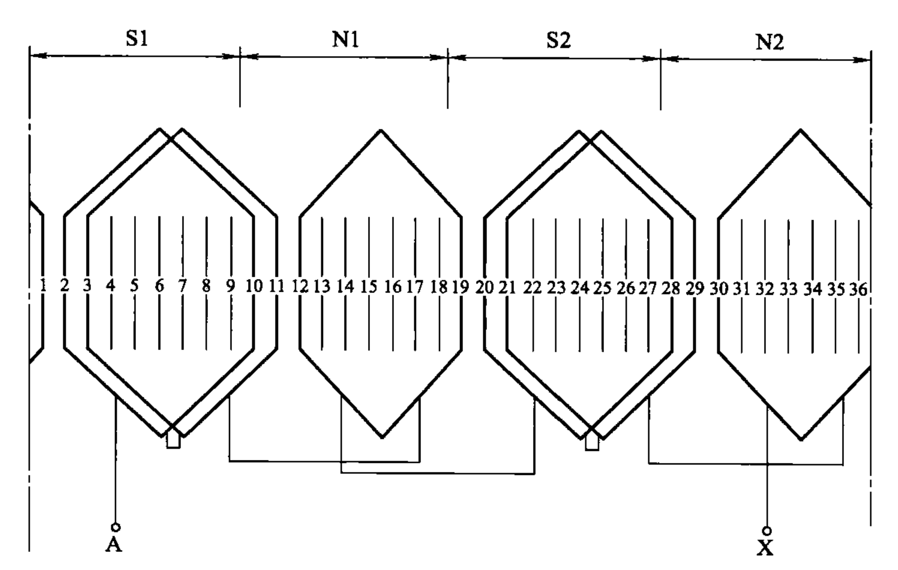


图2-8 单层交叉式A相绕组展开图

（$Z=36$，$2p=4$，$a=1$）

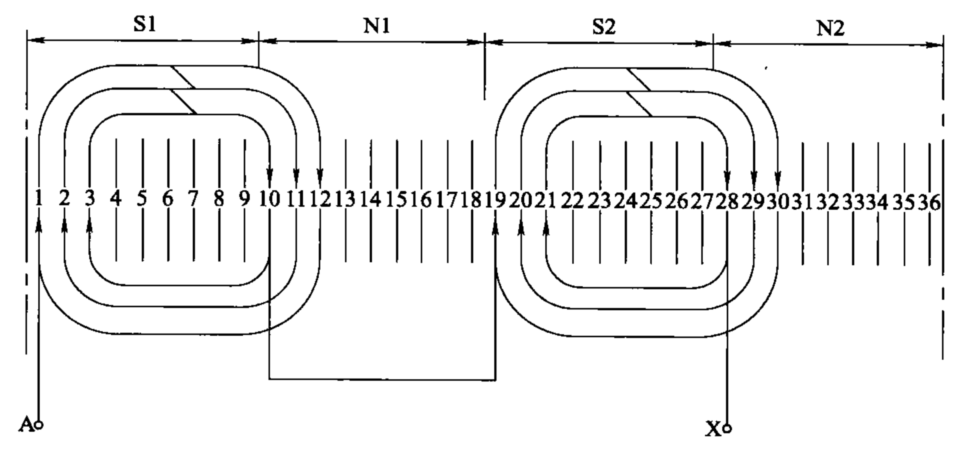


图2-9 单层同心式A相绕组展开图

（$Z=36$，$2p=4$，$a=1$）

从图 2-8 和图 2-9 可见，与等元件绕组比较，交叉式和同心式绕组只改变了同一相中各线圈边电动势相加的先后次序，这不会影响相电动势的大小。同时，每相都有相等数目的不同节距的线圈，所以各相绕组的阻抗也是相等的，因此，交叉式和同心式绕组也是三相对称绕组。在前述等元件绕组中，$y=9$ 槽，是一个整距绕组。在图 2-8 和图 2-9 中，各线圈的节距 y 不相等，但从电动势星形图 2-2（a）来看，每相电动势大小与整距线圈是一样的。所以当 q 等于整数时，从电动势计算来看，单层交叉式和同心式绕组仍属于整距绕组。

（3）单层链式绕组

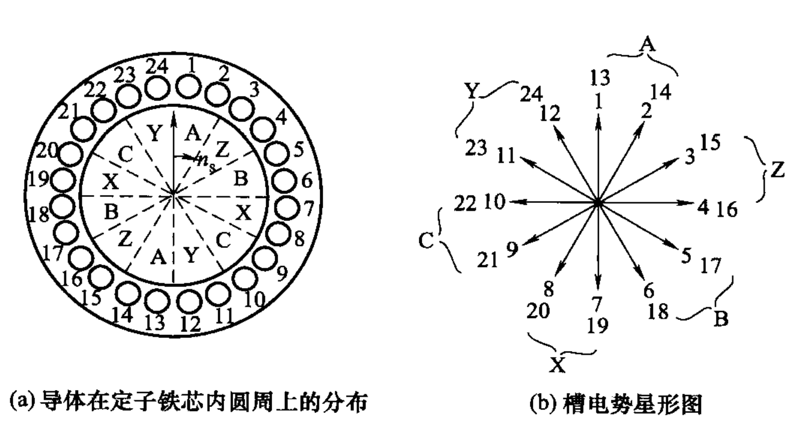
【例 2-5】 已知 $Z_1=24$，$2p=4$，$a=1$，试绘制一个 60°相带的三相单层链式绕组展开图。

解： ① 绘制电动势星形图

因为槽距电角为

$$\alpha_1=\frac{p\times360^\circ}{Z_1}=\frac{2\times360^\circ}{24}=30^\circ$$

所以其电动势星形图如图 2-10 所示。



(a) 导体在定子铁芯内圆周上的分布　　(b) 槽电势星形图

图 2-10　$Z_1=24$、$2p=4$ 定子槽电势星形图

② 分相

由于该电机的相数 $m=3$，所以对于 60°相带的绕组，其每极每相槽数 q 为

$$q=\frac{Z_1}{2pm}=\frac{24}{4\times3}=2$$

所以每相在每个极下应占两个槽。故各相绕组排列见表 2-2。

表 2-2　各相绕组排列

相带 / 槽号	A	Z	B	X	C	Y
第一对极	1,2	3,4	5,6	7,8	9,10	11,12
第二对极	13,14	15,16	17,18	19,20	21,22	23,24

③ 绘制绕组展开图

由于有效边是产生电磁作用的主要部分，所以只要保持有效边的电流流向不变，端部连接方式的改变是不会改变电磁情况的。由于槽 8 与槽 13 相隔较近，槽 7 与槽 2 相隔也较近，因此将 2—7 相连，8—13 相连，14—19 相连，20—1 相连得到四个线圈组。为了使四个线圈组的电动势相量相加，绕组内通入电流后形成四极磁场，极间连线应是相邻线圈组依次反

向串联，即“尾接尾，头接头”，因此可得 A 相绕组展开图，如图 2-11 所示。

按照同样方法可得 B 相和 C 相绕组，图 2-12 为三相单层链式绕组的展开图。从图中可以看出：这种绕组的特点是线圈具有相同的节距（跨距），从绕组整体看，像套联起来的链环一样，故称为链式绕组。

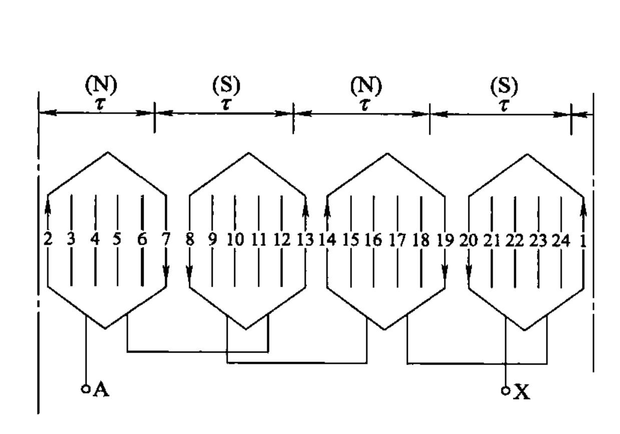


图 2-11　单层链式 A 相绕组的展开图

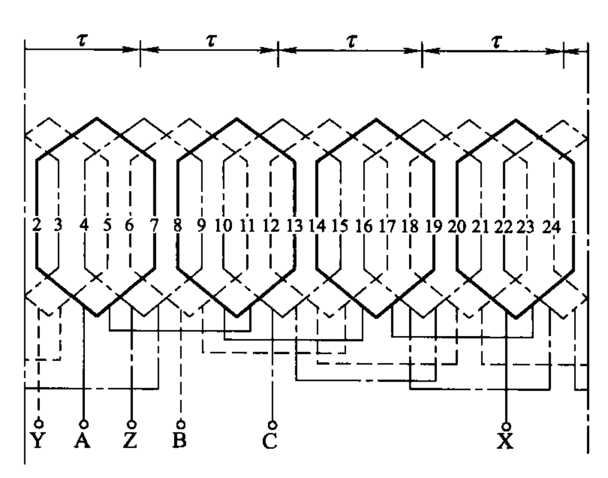


图 2-12　三相单层链式绕组的展开图

在单层链式绕组中，每相线圈数等于极数，三相绕组的引出线首端互隔 120°电角度。

2.1.2.5　三相单双层混合绕组展开图的绘制

单双层混合绕组是在双层短距绕组的基础上演变过来的。以 $Z_1=36$、$2p=4$、$q=3$ 的三相异步电机的定子绕组为例，如果是双层整距绕组，则节距 $y=9$（即 $y=1$—10 槽），属于 U 相的线圈应如图 2-13 所示。

如果是双层短距绕组，假设取 $y=8$（即 $y=1$—9 槽），则属于 U 相的线圈应如图 2-14 所示，它是由图 2-13 演变过来的，即各个线圈的上层边不动，而下层边逆时针方向移过一个槽。

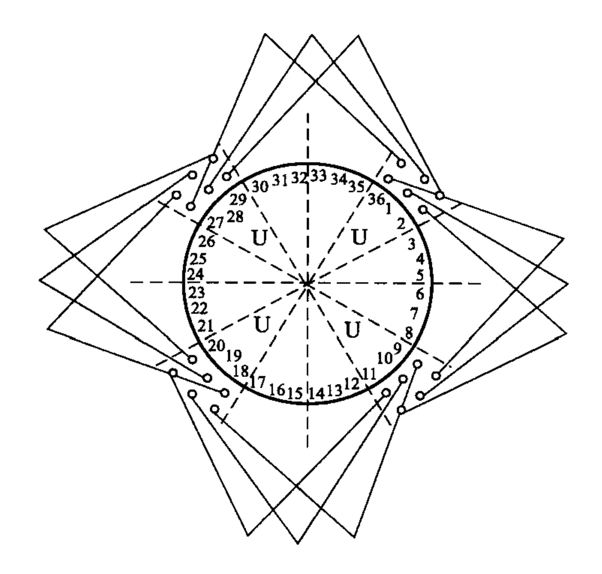


图 2-13　双层整距绕组中一相绕组的端部示意图

（$Z_1=36$，$2p=4$，$y=9$）

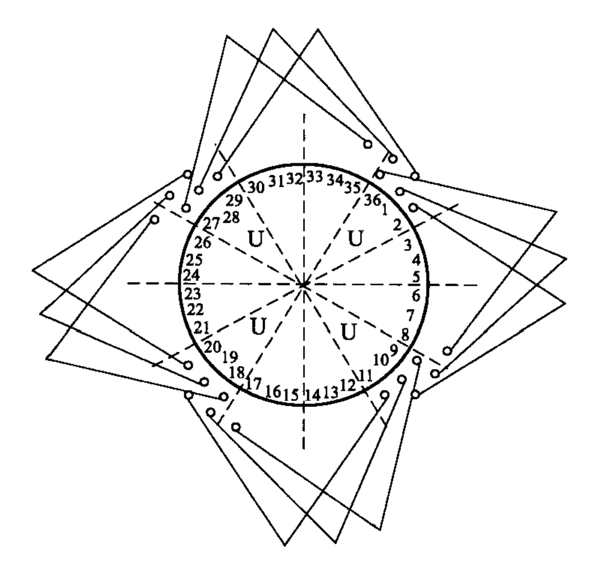


图 2-14　双层短距绕组中一相绕组的端部示意图

（$Z_1=36$，$2p=4$，$y=8$）

由图 2-14 可以看出，槽 36、1、9、10、18、19、27、28 中上下两层的导体都属于 U 相，因此可以把它们合并到一起，同时再把端部连接方法一改变，U 相绕组就可由图 2-14 演变到图 2-15。

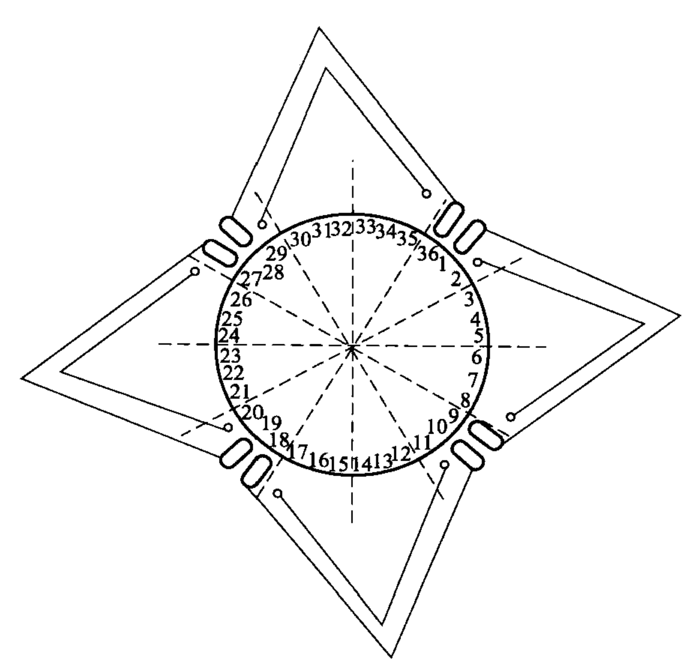


图 2-15　单双层混合绕组中一相绕组的端部示意图

（$Z_1=36$，$2p=4$，$y=\frac{1}{2}\ \frac{9}{8}$）

在图 2-15 中，4 个大线圈占满了整个槽，是单层绕组的形式；4 个小线圈一个有效边位于某一个槽的下层，而另一个有效边则位于另一个槽的上层，是双层绕组的形式，因此这是一种单双层混合绕组。

单双层混合绕组展开图如图 2-16 所示。由于单双层混合绕组是由双层短距绕组变换过来的，所以它具有双层短距绕组能够改善电机的电气性能的优点，同时它又有一部分线圈是单层绕组，这一部分单层绕组具有不需层间绝缘的优点。另外，由于单双层混合绕组中线圈的平均节距比较短，故可以节省电磁线。单双层混合绕组在工艺上的优点是线圈端部弯曲变形不大，易于嵌线。

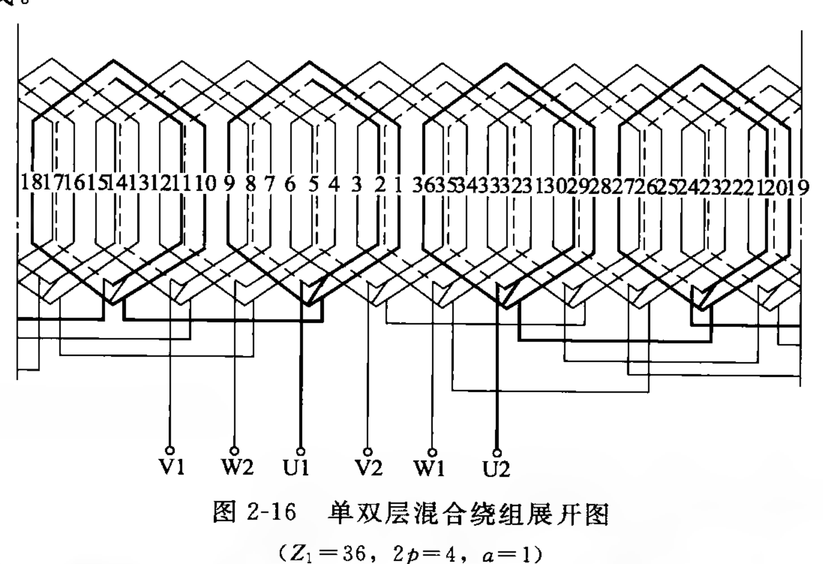


图 2-16　单双层混合绕组展开图

（$Z_1=36$，$2p=4$，$a=1$）

2.2　变极多速三相异步电机绕组展开图的绘制与实例 

通过不同的换接来改变笼型三相异步电机的定子绕组的极对数 p，可以改变笼型三相异

步电机的旋转磁场的转速，从而改变转子的转速。这种通过改变定子绕组的极对数 p，而得到多种转速的电机，称为变极多速异步电机。

由三相异步电机的工作原理可知，三相异步电机转子绕组的极数必须与定子绕组的极数相同，因此变极调速时，极对数的改变必须在定子绕组和转子绕组上同时进行。由于笼型转子绕组本身没有固定的极数，它的极数随定子绕组的极数而改变，变换电机的极数时，仅改变定子绕组的极数即可，所以变极多速异步电机都采用笼型转子。

变极调速设备简单、运行可靠，是一种比较经济的调速方法，它属于有级调速电机，适用于不需要平滑调节转速的场合。

2.2.1 变极多速三相异步电机常用的变极方法

变极多速三相异步电机一般有以下三种类型。

① 在定子槽内放置一套绕组，改变其不同的接线组合，得到不同的极数，即单绕组变极多速电机，简称单绕组多速电机。

② 在定子槽内放置两套具有不同极对数的独立绕组，即双绕组双速电机。

③ 在定子槽内放置两套具有不同极对数的独立绕组，而每套绕组又可以有不同的接线组合，得到不同的极对数，即双绕组多速电机。

上述三种变极多速异步电机中，单绕组变极多速异步电机绕制简单、引出线头较少、用铜量也较少，所以应用最广泛。

单绕组变极多速异步电机的变极方法有以下三种：

① 反向变极法；

② 换相变极法；

③ 不同节距变极法。

以上三种单绕组变极多速异步电机的变极方法中，反向变极法是最常用的一种。

当单绕组变极多速异步电机的极数变更成整倍数关系时，称为倍极比变极多速异步电机，如 2/4 极、4/8 极等；当单绕组变极多速异步电机的极数变更为非整倍数关系时，称为非倍极比变极多速异步电机，如 4/6 极、6/8 极等。

2.2.2 变极多速三相异步电机绕组展开图的绘制实例

2.2.2.1 反向变极法

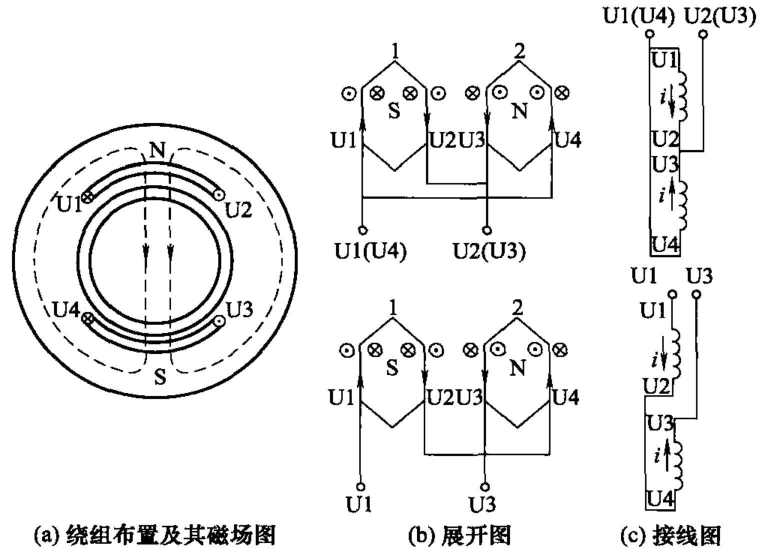
反向变极法的特点是，变极时，把每相绕组里的一半线圈中的电流反向，这个反向可以通过适当的接线变换来实现。反向变极法的优点是电机的引出线少、制造和控制均较方便。但是，各种极数不能同时得到较高的绕组分布系数，因而使电机的性能受到一定的影响。

下面通过两个实例分别介绍反向变极法的基本原理。

【例 2-6】 倍极比单绕组变极多速电机

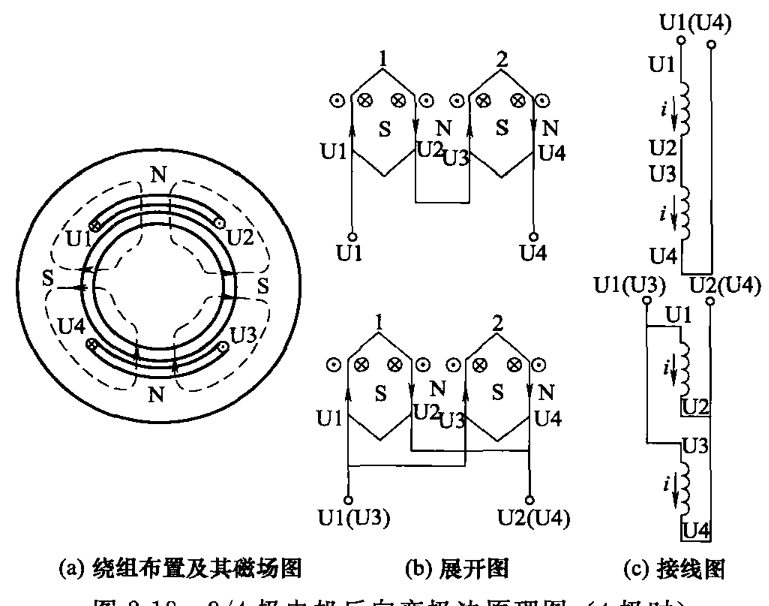
图 2-17 和图 2-18 为同一台单绕组双速电机的定子绕组中一相绕组的简图，图中只画出了 U 相绕组，它包含两组线圈（或线圈组）U1-U2 和 U3-U4。

在图 2-17 和图 2-18 的展开图中的⊕和⊙表示每个线圈边所产生的磁场方向（⊕表示磁力线进入纸面，⊙表示磁力线穿出纸面）。在图 2-17 中两组线圈反向并联或反向串联时，在电机的气隙中，可形成 2 极磁场。如果将两组线圈正向串联（又称庶极接法）或正向并联，



(a) 绕组布置及其磁场图　　(b) 展开图　　(c) 接线图

图 2-17　2/4 极电机反向变极法的原理图（2 极时）



(a) 绕组布置及其磁场图　　(b) 展开图　　(c) 接线图

图 2-18　2/4 极电机反向变极法原理图（4 极时）

如图 2-18 所示，其中一组线圈 U3-U4 中的电流改变了方向，在电机的气隙中则可形成 4 极磁场，即定子绕组的极数增加了一倍。由此可见，在倍极比单绕组双速电机中，通常以磁极数少的极数作为基本极（60°相带绕组），如欲使磁极数倍增，应变换定子绕组的接线，使相邻线圈组中的电流反向。

【例 2-7】 非倍极比单绕组变极多速电机

上述对倍极比单绕组变极的思路可以推广到非倍极比的情况。图 2-19 为一台 4/6 极单绕组双速电机反向变极法的原理示意图，图中只画出一相绕组，它包含 4 组线圈（或线圈组），当 4 组线圈按照图 2-19（a）所示连接时，在电机的气隙中将产生 4 极磁场；如果将 4 组线圈的连接换成图 2-19（b）所示的形式，即将线圈 3 和线圈 4 中的电流反向，在电机的气隙中，则可产生 6 极磁场。

对于图 2-19（a）所示的 4 极电机，如果将线圈 2 和线圈 4 中的电流反向，则可以构成 4/8 极倍极比单绕组双速电机，其原理示意图如图 2-20 所示。由以上分析可知，反向变极法的特点是：在保证定子绕组各个线圈所属相别不变的条件下，通过接线的变化，改变部分

线圈中的电流方向，从而达到变极的目的。

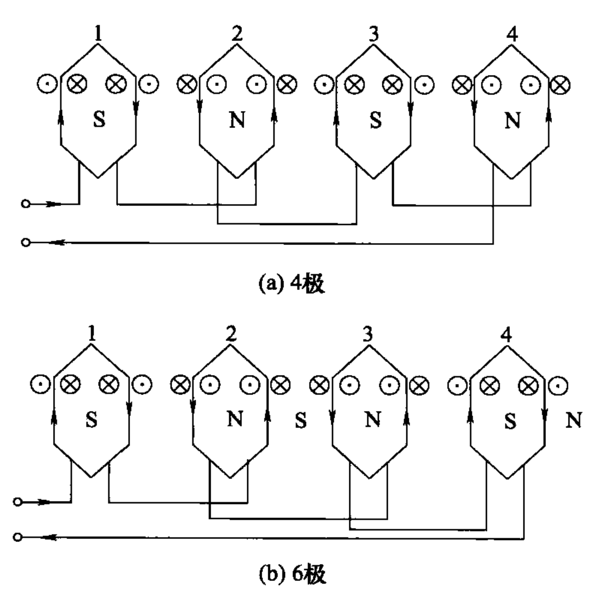


图 2-19 4/6 极电机反向变极法的原理示意图

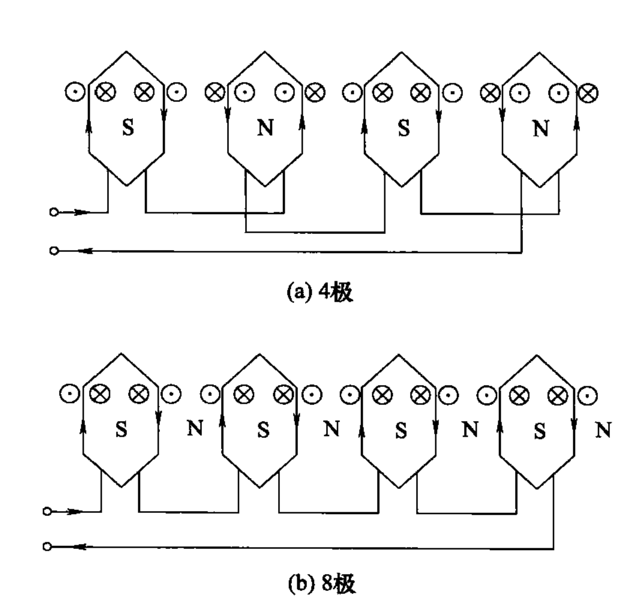


图 2-20 4/8 极电机反向变极法的原理示意图

2.2.2.2 换相变极法

上述反向变极法获得的单绕组多速电机绕组，优点是出线头较少（双速电机仅需 6 根），制造和控制均比较方便。但是绕组分布系数总是受到一定限制，两种极数不能同时做到较高的绕组分布系数，因而电机的性能受到一定影响。换相变极法就是针对这一问题而提出的另一种变极方法。

换相变极法与反向变极法的不同点在于：变极时不仅改变部分线圈的电流方向，而且改变某一部分线圈所属的相别。用换相变极法获得的单绕组多速异步电机绕组，不同极数都可保持较高的绕组分布系数，电机的性能较好，从而弥补了反向变极法的不足。

换相变极法的缺点是出线头较多，制造和控制不如反向变极法方便。因此在单绕组双速异步电机中，换相变极法很少被采用。但是，在单绕组三速异步电机中，这个缺点相对不太明显，因而换相变极法有一定的应用。

2.2.2.3 不同极距变极法

在槽电动势相量图（又称槽电动势星形图）能得到三相对称的相绕组电动势的条件下，一套绕组采用两种不同的节距相结合，也可以达到变极的目的，这种变极方法称为不同节距变极法。用这种方法获得的单绕组三速异步电机出线头为 9 根，比换相变极法的出线头少，绕组的分布系数也比较高。

下面通过一个实例，介绍不同节距变极法的基本原理。

【例 2-8】 单绕组变极三速电机

现有一台定子槽数 $Z_1=36$ 的三相异步电机，欲绕制成一台 2/4/8 极的单绕组三速异步电机。排列绕组时，如果选定 2 极为基本 60°相带绕组，用庶极法获得 4 极，那么用通常的反向变极法在 4 极的基础上再获得 8 极就不行了，但是，用不同节距变极法却可以再获得 8 极。

图 2-21 和图 2-22 分别示出了 2/4/8 极电机为 2 极和 4 极时一相绕组的槽电流图。图中实线为线圈上层边导体中的电流，虚线为线圈下层边导体中的电流，从图 2-21 和图 2-22 中可以看出，节距 $y=9$。

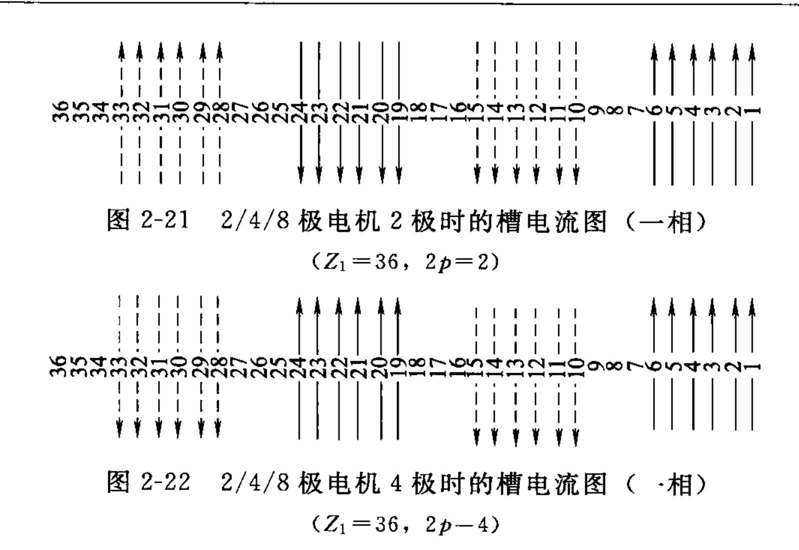


图 2-21　2/4/8 极电机 2 极时的槽电流图（一相）

（$Z_1=36$，$2p=2$）

图 2-22　2/4/8 极电机 4 极时的槽电流图（ ·相）

（$Z_1=36$，$2p—4$）

现在的问题是：如何在庶极接法 4 极的基础上再获得 8 极？为此可仔细观察图 2-22 所示 4 极时的槽电流分布情况，如果设想 4、5、6、10、11、12 以及 22、23、24、28、29、30，这十二个槽内电流能反向成为图 2-23 所示，显然一相绕组的槽电流就形成了 8 个极。同理，三相绕组的槽电流产生的磁场合成，则能形成 8 个极的旋转磁场。

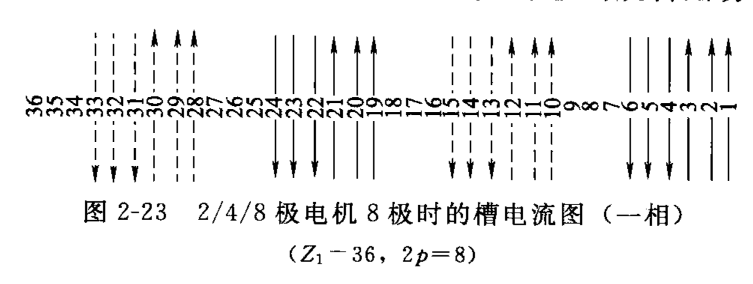


图 2-23　2/4/8 极电机 8 极时的槽电流图（一相）

（$Z_1－36$，$2p=8$）

为了使上述十二个槽电流能反向，而其余十二个槽电流不反向，可以把槽 4、5、6 内上层的导体与槽 10、11、12 内下层的导体构成 -个线圈组，并将槽 22、23、24 内上层的导体与槽 28、29、30 内下层的导体构成一个线圈组，该两个线圈组为小线圈组，节距 $y_1=6$。然后再将剩下的槽 1、2、3 内上层的导体与槽 13、14、15 内下层的导体构成一个线圈组，将槽 19、20、21 内上层的导体与槽 31、32、33 内下层的导体构成一个线圈组，该两个线圈组为大线圈组，节距 $y_2=12$。

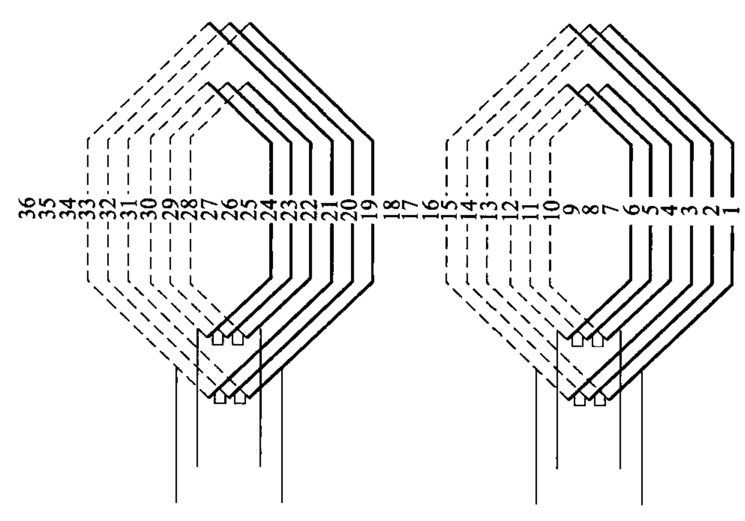


图 2-24　2/4/8 极单绕组三速电机 ·相绕组展开图

（$Z_1=36$，$y_1=6$，$y_2=12$）

按上述方法，可将一相绕组分成两个小线圈组和两个大线圈组，形成了两个不同的节距。这种不同节距对 2、4 极槽电流分布没有影响，但却保证了在庶极接法的 4 极基础上能够再通过反向获得 8 极。

采用反向变极法和不同节距变极法得到的 36 槽 2/4/8 极单绕组三速异步电机一相绕组的展开图如图 2-24 所示，其三相绕组的展开图如图 2-25 所示。

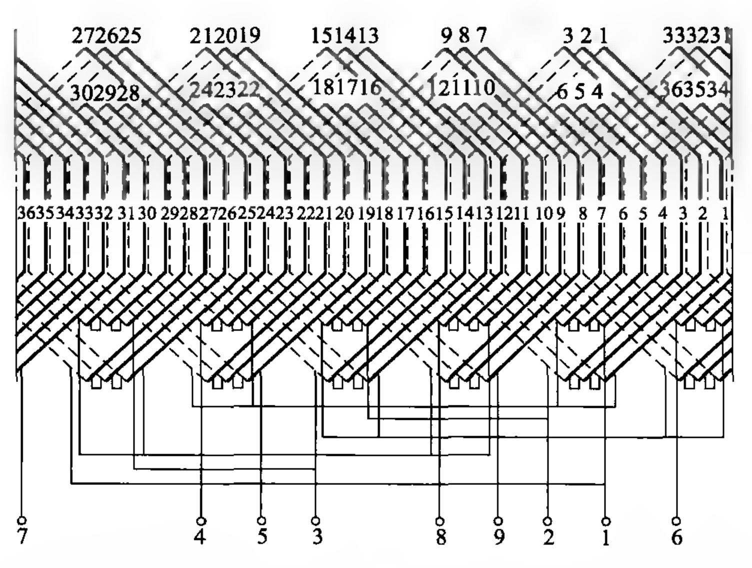


图 2-25　2/4/8 极单绕组三速电机三相绕组展开图
($Z_1=36$，$2p=2/4/8$)

2.3　单相异步电机绕组展开图的绘制方法与实例



2.3.1　单相异步电机的同心式绕组

单相异步电机的同心式绕组是由几个轴线重合而节距（又称跨距）不同的线圈串联组成的，每个线圈组中各个线圈具有相同的匝数。

由于电阻分相启动单相异步电机和电容分相启动单相异步电机的运行性能主要取决于主绕组（因为副绕组不参与运行），通常主绕组的线圈数目比副绕组的线圈数目多，而且主绕组线圈的匝数比副绕组线圈的匝数多，主绕组电磁线的截面积比副绕组电磁线的截面积大。

对于电容运转电机和双值电容电机，由于主、副绕组都参与运行，故两套绕组的线圈数目、线圈匝数及电磁线截面积均基本相同。

2.3.2　单相异步电机的正弦绕组

2.3.2.1　正弦绕组的构成

单相异步电机的正弦绕组一般都采用同心式绕组结构，但其特点是组成每一个极相组（线圈组）的各个线圈的匝数不相等。其具体要求是使属于同一相绕组的各槽内的导体数按正弦规律分布。这样，当同一相电流流过该相所有匝数不等的同心式线圈时，由于各槽中电流之和与槽内导体数成正比，故使槽电流分布也符合正弦波形，进而使绕组建立的磁场空间分布波形也接近正弦波形，所以称这种结构的绕组为正弦绕组。

正弦绕组是一种高精度的特殊绕组，其产生的磁动势波形近似为正弦波形。因此，正弦

绕组能有效地削弱气隙磁场中的高次谐波，使电机气隙磁通的分布尽可能接近正弦波，从而达到降低电机杂散损耗和电磁噪声、提高效率、改善启动性能的良好效果，以及使电机具有良好的运行特性。

正弦绕组的主要缺点是：由于各线圈的匝数不同，使线圈绕制工艺复杂、费工时，有些槽的槽满率较低，降低了铁芯的利用率。

2.3.2.2　正弦绕组的种类及各槽内导体的分配

下面通过一个具体实例，介绍正弦绕组的种类及各槽内导体分配方案。

现以每极 8 槽（即极距 $\tau=8$）的单相异步电机为例，它在槽导体分配上有两大类，共 5 种方案。

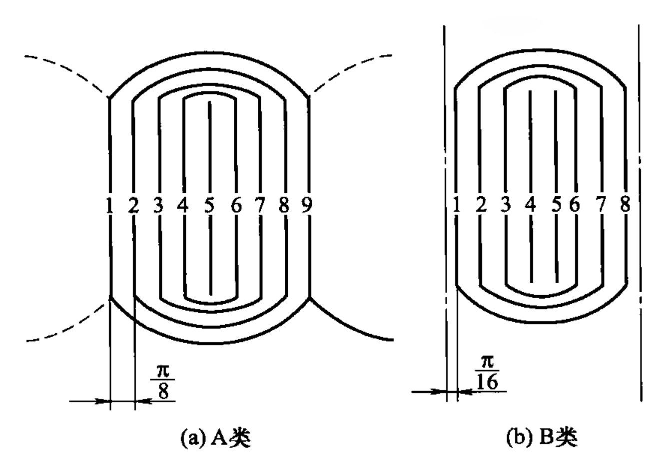


图 2-26　正弦绕组的类型

（1）A 类正弦绕组

如图 2-26（a）所示，A 类正弦绕组共有 3 种分配方案。它的特点如下。

① 跨距最大的线圈有 1/2 导体放在另一个磁极下。

② 同心式，各线圈的跨距均为偶数。

③ 各线圈匝数不等，跨距越大，匝数越多。

④ 根据不同的槽导体分配情况，有 3 种细别：

a. 仅有 2 个线圈，即槽 1～9、槽 2～8。其分配比例是

槽 1～9：　$\frac{1}{2}\cos 0°=0.50\rightarrow\frac{0.5}{1.42}=35.2\%$

槽 2～8：　$\cos\frac{\pi}{\tau}=\cos\frac{\pi}{8}=0.92\rightarrow\frac{0.92}{1.42}=64.8\%$

$\sum=0.5+0.92=1.42$

b. 包括 3 个线圈，即槽 1～9、槽 2～8、槽 3～7。其分配比例是

槽 1～9：　$\frac{1}{2}\cos 0°=0.5\rightarrow\frac{0.5}{2.13}=23.5\%$

槽 2～8：　$\cos\frac{\pi}{\tau}=\cos\frac{\pi}{8}=0.92\rightarrow\frac{0.92}{2.13}=43.2\%$

槽 3～7：　$\cos\frac{2\pi}{\tau}=\cos\frac{2\pi}{8}=0.71\rightarrow\frac{0.71}{2.13}=33.3\%$

$\sum=0.5+0.92+0.71=2.13$

c. 包括 4 个线圈，即槽 1～9、槽 2～8、槽 3～7、槽 4～6。其分配比例是

槽 1～9：　$\frac{1}{2}\cos 0°=0.5\rightarrow\frac{0.5}{2.51}=19.9\%$

槽 2～8：　$\cos\frac{\pi}{\tau}=\cos\frac{\pi}{8}=0.92\rightarrow\frac{0.92}{2.51}=36.7\%$

槽 3～7：　$\cos\frac{2\pi}{\tau}=\cos\frac{2\pi}{8}=0.71\rightarrow\frac{0.71}{2.51}=28.3\%$

槽 4～6：　$\cos\frac{3\pi}{\tau}=\cos\frac{3\pi}{8}=0.38\rightarrow\frac{0.38}{2.51}=15.1\%$

$$\sum = 0.5 + 0.92 + 0.71 + 0.38 = 2.51$$

(2) B 类正弦绕组

如图 2-26（b）所示，B 类正弦绕组共有两种分配方案。它的特点如下。

① 全部线圈处在同一个磁极下。

② 同心式，各线圈的跨距均为奇数。

③ 各线圈匝数不等，跨距越大，匝数越多。

④ 根据不同的槽导体分配情况，有两种细别（由于线圈槽 4～5 的跨距过小，嵌线困难，且会使绕组系数下降，故放弃不用）：

a. 包括 2 个线圈，即槽 1～8、槽 2～7。其分配比例为

槽 1～8： $\cos\dfrac{\pi}{2\tau} = \cos\dfrac{\pi}{2\times 8} = 0.98 \rightarrow \dfrac{0.98}{1.81} = 54.1\%$

槽 2～7： $\cos\dfrac{3\pi}{2\tau} = \cos\dfrac{3\pi}{2\times 8} = 0.83 \rightarrow \dfrac{0.83}{1.81} = 45.9\%$

$$\sum = 0.98 + 0.83 = 1.81$$

b. 包括 3 个线圈，即槽 1～8、槽 2～7、槽 3～6。其分配比例为

槽 1～8： $\cos\dfrac{\pi}{2\tau} = \cos\dfrac{\pi}{2\times 8} = 0.98 \rightarrow \dfrac{0.98}{2.37} = 41.4\%$

槽 2～7： $\cos\dfrac{3\pi}{2\tau} = \cos\dfrac{3\pi}{2\times 8} = 0.83 \rightarrow \dfrac{0.83}{2.37} = 35.0\%$

槽 3～6： $\cos\dfrac{5\pi}{2\tau} = \cos\dfrac{5\pi}{2\times 8} = 0.56 \rightarrow \dfrac{0.56}{2.37} = 23.6\%$

$$\sum = 0.98 + 0.83 + 0.56 = 2.37$$

在正弦绕组中，各个同心线圈的匝数是不相等的，每个槽内放置的线圈的匝数占每相每极总匝数的百分比可按有关公式计算，也可查表求得，表 2-3 为常用正弦绕组分布表。

表 2-3　常用正弦绕组分布表

序号	绕组系数	每极槽数	每极绕组分布																		
			槽号																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0.75	3	50	50	50	50															
2	0.828	4	41.4	58.6		58.6	41.4														
3	0.856	6	57.7	42.3			42.3	57.7													
4	0.775	6	50	36.6	13.4	13.4	36.6	50													
5	0.915	6	36.6	63.4				63.4	36.6												
6	0.804	6	26.8	46.4	26.8		26.8	46.4	26.8												
7	0.912	8	54.2	45.8					45.8	54.2											
8	0.827	8	41.1	35.1	23.8			23.8	35.1	41.1											
9	0.950	8	35.2	64.8						64.8	35.2										
10	0.870	8	23.5	43.4	33.1				33.1	43.4	23.5										
11	0.796	8	19.9	36.8	28	15.3		15.3	28	36.8	19.9										
12	0.960	9	34.7	65.3							65.3	34.7									

续表

序号	绕组系数	每极槽数	每极绕组分布																		
			槽号																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
13	0.893	9	22.7	42.6	34.7					34.7	42.6	22.7									
14	0.820	9	18.5	34.7	28.3	18.5			18.5	28.3	34.7	18.5									
15	0.928	9	52.2	47.8						47.8	52.2										
16	0.856	9	39.5	34.8	25.7				25.7	34.8	39.5										
17	0.793	9	34.6	30.6	22.7	12.1		12.1	22.7	30.6	34.6										
18	0.959	12	51.8	48.2									48.2	51.8							
19	0.910	12	36.6	34.1	29.3							29.3	34.1	36.6							
20	0.855	12	29.9	27.8	24	18.3					18.3	24	27.8	29.9							
21	0.806	12	26.8	25	21.4	16.5	10.3			10.3	16.5	21.4	25	26.8							
22	0.783	12	25.9	24.1	20.7	15.9	10.0	3.4	3.4	10	15.9	20.7	24.1	25.9							
23	0.978	12	34.1	65.9										65.9	34.1						
24	0.936	12	21.4	41.4	37.2								37.2	41.4	21.4						
25	0.883	12	16.4	31.8	28.5	23.3						23.3	28.5	31.8	16.4						
26	0.829	12	14.1	27.3	24.5	20	14.1				14.1	20	24.5	27.3	14.1						
27	0.790	12	13.2	25.4	22.8	18.6	13.2	6.8		6.8	13.2	18.6	22.8	25.4	13.2						
28	0.947	16	35.1	33.8	31.1											31.1	33.8	35.1			
29	0.910	16	27.6	26.5	24.5	21.4									21.4	24.5	26.5	27.6			
30	0.869	16	23.5	22.6	20.8	18.2	14.9							14.9	18.2	20.8	22.6	23.5			
31	0.829	16	21.1	20.4	18.7	16.4	13.4	10					10	13.4	16.4	18.7	20.4	21.1			
32	0.798	16	19.9	19.2	17.6	15.4	12.7	9.4	5.8			5.8	9.4	12.7	15.4	17.6	19.2	19.9			
33	0.963	16	20.8	40.8	38.4												38.4	40.8	20.8		
34	0.929	16	15.5	30.3	28.5	25.7										25.7	28.5	30.3	15.5		
35	0.889	16	12.7	24.9	23.4	21.1	17.9								17.9	21.1	23.4	24.9	12.7		
36	0.848	16	11.1	21.8	20.5	18.5	15.7	12.4						12.4	15.7	18.5	20.5	21.8	11.1		
37	0.812	16	10.3	20	18.9	17.2	14.4	11.3	7.9				7.9	11.3	14.4	17.2	18.9	20	10.3		
38	0.927	18	27	26.2	24.6	22.2											22.2	24.6	26.2	27	
39	0.892	18	22.7	22	20.6	18.6	16.1									16.1	18.6	20.6	22	22.7	
40	0.855	18	20.1	19.5	18.2	16.5	14.2	11.5							11.5	14.2	16.5	18.2	19.5	20.1	
41	0.821	18	18.5	17.9	16.8	15.2	13.2	10.6	7.8					7.8	10.6	13.2	15.2	16.8	17.9	18.5	
42	0.795	18	17.6	17.1	16	14.5	12.5	10.2	7.5	4.6			4.6	7.5	10.2	12.5	14.5	16	17.1	17.6	
43	0.943	18	15.2	29.9	28.6	26.3												26.3	28.6	29.9	15.2
44	0.910	18	12.3	24.3	23.2	21.3	18.9										18.9	21.3	23.2	24.3	12.3
45	0.873	18	10.6	20.9	20	18.4	16.4	13.7								13.7	16.4	18.4	20	20.9	10.6
46	0.837	18	9.6	18.9	18.1	16.7	14.7	12.4	9.6						9.6	12.4	14.7	16.7	18.1	18.9	9.6
47	0.806	18	9.0	17.8	17	15.7	13.8	11.6	9.9	6.1				6.1	9.9	11.6	13.8	15.7	17	17.8	9.0

注：表中数字为各槽内同心线圈的匝数占每极总匝数的百分数。

2.3.2.3　单相正弦绕组展开图

图 2-27 是以百分数表示的正弦绕组各槽中导体分布图（图中将主绕组槽内导体数最多的作为 100%），与之对应的正弦绕组展开图如图 2-28 所示。当同一槽内嵌有主、副绕组两个线圈边时，一般将主绕组放置在槽的下层，将副绕组放置在槽的上层，上、下层之间应垫入层间绝缘。

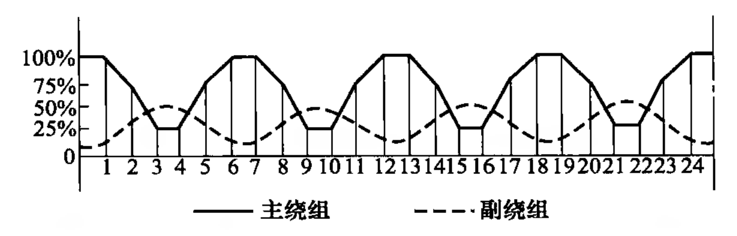


图 2 27　24 槽 4 极正弦绕组各槽导体分布图

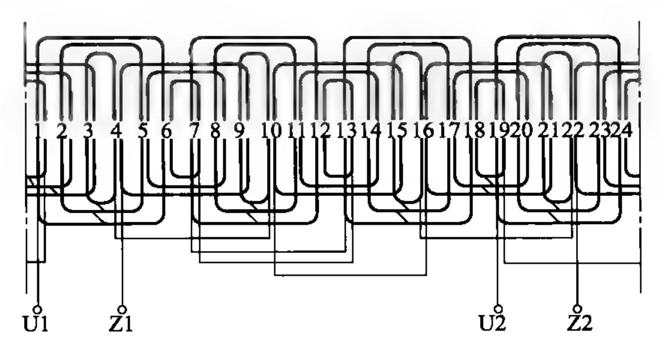


图 2-28　24 槽 4 极正弦绕组展开图

2.3.3　单相异步电机的罩极式绕组展开图

罩极式单相异步电机按定子结构可分为凸极式和隐极式两种。

凸极式罩极单相异步电机的主绕组是集中绕组，套在定子磁极上；副绕组是一个短路环，套在磁极极靴的一部分。

隐极式罩极单相异步电机的主、副绕组都是分布绕组，分别嵌放在定子铁芯的槽内。为了保证电机性能良好，应使主、副绕组的轴线在空间相隔一定的电角度（一般为 40°～60°）。其副绕组串联后自行短路，故称为罩极线圈。

隐极式罩极单相异步电机定子绕组展开图如图 2-29 所示。为了改善电机的启动性能和运行性能，隐极式罩极单相异步电机的主绕组也可按正弦规律分布在各槽中。

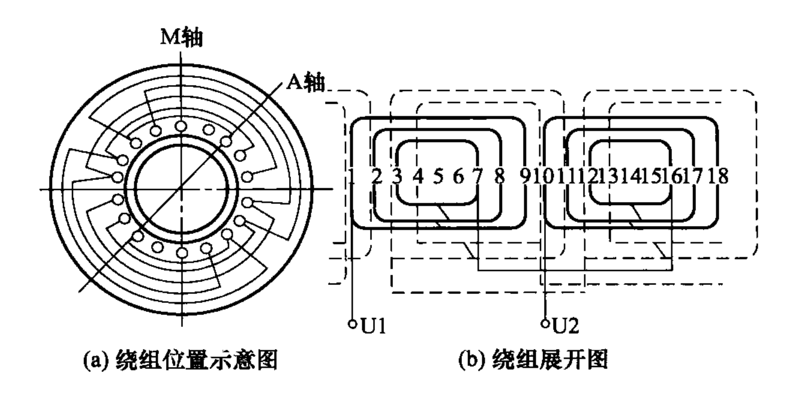


图 2-29　18 槽 2 极隐极式单相罩极异步电机定子绕组展开图

隐极式罩极单相异步电机的副绕组是闭合绕组，故其线圈的匝数很少（一般仅几匝），而其电磁线截面积很大。该绕组的线圈可以集中放在两个槽内，也可分散地嵌在较多的槽内。

2.4　直流电机电枢绕组展开图的绘制方法与实例 

电枢绕组是电机的一个重要部件，其制造工艺比较复杂，在运行中容易发生故障。因此在设计绕组时，应使一定的导体数能产生较大电动势、通过一定电流而又尽量节约有色金属及绝缘材料，并要求结构简单、便于制造检修及运行安全可靠。对直流电机的电枢绕组来说还要保证换向良好。

按照绕组的连接方法，直流电机的电枢绕组可分为五种形式：①单叠绕组；②复叠绕组；③单波绕组；④复波绕组；⑤蛙形绕组，即叠绕和波绕混合绕组。其中单叠和单波绕组是最基本的。各种绕组的特征在于连接规律不同，因而形成了不同数目的并联支路。

2.4.1　单叠绕组展开图的绘制

叠绕组是合成节距 $y=y_k=\pm m$ 的一种绕组。在绕制这种绕组时，任何两个串联的元件都是后一个紧叠在前一个的上面，故称为叠绕组。当 $m=\pm1$ 时，为单叠绕组；当 $m>1$ 时，为复叠绕组，复叠绕组用得最多的是双叠绕组，即 $m=\pm2$。

单叠绕组是合成节距 $y=y_k=\pm1$ 的一种绕组（见第1章图1-4）。单叠绕组绕制时，每绕一个元件便在电枢表面移过一个虚槽。如果 $y=y_k=+1$，则绕组向右移动，称为“右行”绕组［图1-4（a）］，如果 $y=y_k=-1$，则绕组向左移动，称为“左行”绕组［图1-4（b）］。左行绕组每一元件接到换向片的两根端接线互相交叉，用铜较多，很少采用，故叠绕组常采用右行绕组。

下面举例来说明单叠绕组的连接方法和特点。

【例2-9】 已知一台直流电机极数 $2p=4$；电枢槽数 Z、电枢虚槽数 Z_u、元件数 S 与换向器片数 K 均等于16。此时 $u=1$；$Z=Z_u=S=K=16$。要求绕制一个单叠右行整距绕组。

（1）节距计算

因为是右行绕组，故

$$y=y_k=+1$$

因为是整距绕组

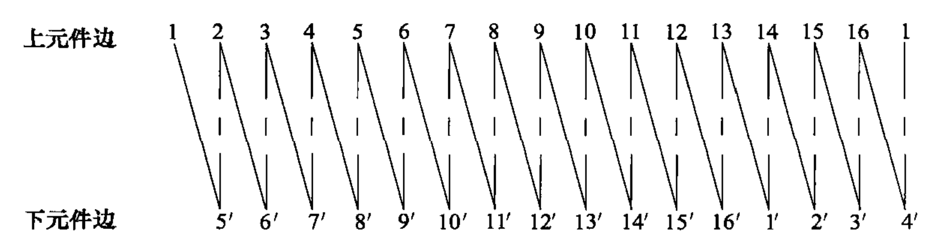
$$y_1=\frac{Z_u}{2p}\mp\varepsilon=\frac{16}{4}\mp0=4$$

$$y_2=y-y_1=1-4=-3$$

（2）绕组连接表

绕组连接表用来表示电枢上所有元件边的串联次序。为此，必须先将槽和元件边编号。先把16个槽沿电枢圆周编号（本例 $u=1$，虚槽＝实槽；当 $u>1$ 时，则应按虚槽进行编号），而元件边的号码就用槽的号码，上元件边直接用槽的号码，下元件边则在槽号上加撇。这样第一槽的上层元件边编为1，下层元件边编为 $1'$；第二槽的上层为2，下层为 $2'$，余类推。至于元件的号码则编为与其上元件边相同的号码。

本例的绕组元件连接法为：第1元件的上元件边1（嵌在槽1的上层）所接的下元件边号码为 $1+y_1=1+4=5'$（嵌在槽5的下层），而下元件边 $5'$ 应接至上元件边 $5+y_2=5-3=2$，它的下元件边又须接至 $2+4=6'$，如此类推下去可得下列的绕组连接表。



表中每根实线所连接的两个元件边构成一个元件。如 1～5′为第 1 元件，2～6′为第 2 元件……两元件之间的虚线则表示通过换向器上的一片换向片把两元件串联起来。从表可见，从第 1 元件出发，绕完 16 个元件后又回到第 1 元件而形成闭合回路。

(3) 绕组展开图和电路图

根据上述的绕组连接表可画出绕组展开图。展开图如图 2-30 所示，它是假设把电枢从某一齿中间沿轴向切开而展开成一平面的绕组连接图。这时，上元件边用实线段表示，下元件边用虚线段表示。图中画的磁极是在绕组的上面，因此 N 极的磁力线方向指向纸面，S 极的磁力线从纸面穿出。图中左上方的箭头表示绕组的旋转方向。

运用右手定则，可确定在图中所示瞬间各元件边内的感应电势方向，如图 2-30 中的箭头所示。

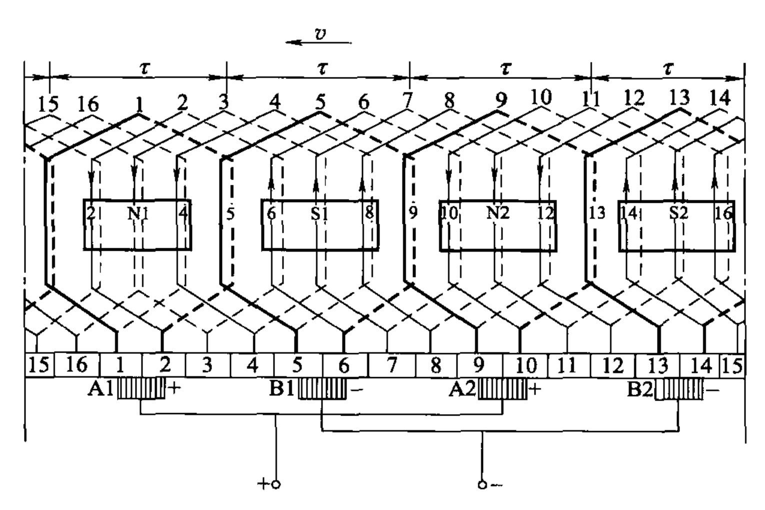


图 2-30　单叠绕组展开图

($2p=4$，$Z_u=S=K=16$，$y=y_k=+1$)

在图 2-30 中画出相邻两个主磁极之间的中心线，空载时此中心线通过的电枢表面处的主极磁通密度为零，故称为电枢上的几何中性线。显然，在几何中性线上的元件边的感应电势为零。因此，元件边 1、1′，5、5′，9、9′，13 和 13′皆无感应电势。

至于换向器和绕组元件之间的相对位置，为了获得常用的端接对称的绕组，应使每一元件所接的两个换向片的分界线恰好与元件的轴线（沿电枢半径方向而平分元件两边所跨角度的直线）重合。如图 2-30 所示，元件 1 所接的两个换向片 1 和 2 的分界线也恰在槽 3 的中心线上，因此该分界线与元件轴线重合。

换向片的编号与它所连接的上元件边的编号相同。这样，元件 1 的上元件边接到换向片 1，它的下元件边接到换向片 $1+y_k=1+1=2$，再经过元件 2 而接到换向片 $2+y_k=2+1=3$，如此继续依次连接，便可得到整个绕组的展开图。

为进一步说明各元件的串联次序及其电势分布情况，用图 2-31 所示的电路图来代替图 2-30 的展开图。把每个元件用一位于元件轴线处的小线圈表示（每一个元件有两个引出线，

沿顺时针方向先经过的引出线是该元件上元件边的引出线；沿顺时针方向后经过的引出线是该元件下元件边的引出线），并用箭头表示元件电动势方向。从图 2-31 可清楚看到：整个电枢绕组 16 个元件构成一个闭合回路，其中四个元件 1、5、9、13 的电动势在图中所示瞬间皆为零，因为此时它们的元件边都在几何中性线上；这四个元件把整个回路分成四段，每段串联三个电势方向相同的元件；由于对称关系，这四段电路的电动势大小是相等的，但电动势方向两两相反，因此在整个闭合回路内，它们恰好互相抵消。这说明闭合回路的总电动势恰等于零，因此，当电刷没有与外电路接通时，电枢绕组内不会产生“环流”。

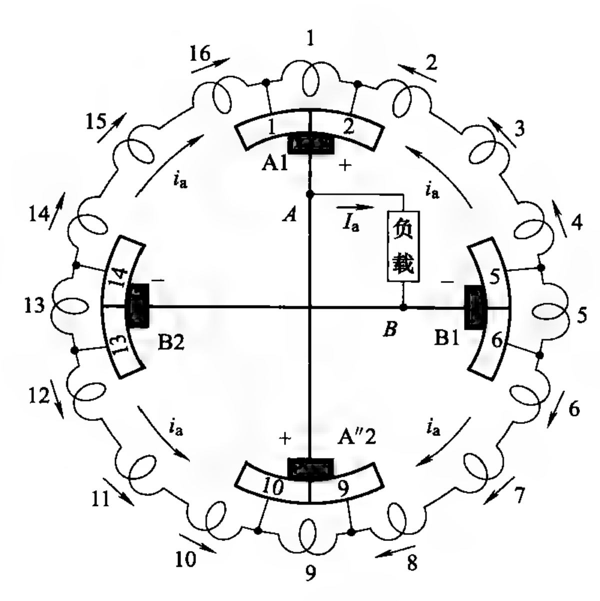


图 2 31　单叠绕组的电路图

（4）电刷放置法

电刷放在换向器上的位置是根据空载时，正、负电刷之间获得最大电势这一原则来确定的。从图 2-30 和图 2-31 可见，为了获得最大电势，电刷应与电势为零的元件 1、5、9、13 所连接的换向片相接触。此时正、负电刷间每段电路所串联的三个元件的电势方向都相同，所以正、负电刷间的电势达到最大值。如果电刷偏离这一位置，例如从图中所示位置移过一片换向片，则每段电路所串联三元件的电势为：二个同方向而第三个为零，因此正、负电刷间的电动势减小了。同时由于此时被电刷短路的元件的电动势不为零，将产生短路电流，引起不良后果（如恶化换向、增加损耗，严重时则有烧坏元件的危险）。由此可见，电刷应与电动势为零的元件所连接的换向片相接触。

现在来分析元件电动势为零时的情况。如果元件是整距（$y_1=\tau$）的，则如图 2-30 所示，当元件两边位于几何中性线上时，元件电动势为零，此时元件轴线与主极轴线重合。如果元件是短距的（$y_1<\tau$），则如图 2-32（a）所示，当元件轴线与主极轴线重合时，元件电动势也为零。这时虽然两元件边不在几何中性线上因而都有感应电动势，但因它们左、右对称地位于同一极性的主极下，所以两元件边的感应电动势的大小和方向都相同，对元件回路来说就恰好互相抵消。对长距元件（$y_1>\tau$）也有同样情况。由此可见，无论整距、短距或长距元件，只要元件轴线与主极轴线重合，元件电动势便为零。对端接对称的元件，前已指出，元件轴线与元件所接两换向片的分界线重合，可见电动势为零的元件所接的两换向片的分界线必与主极轴线重合。故得出结论：对端接对称的绕组，电刷必须放在主极轴线下的换向片上。

如果元件采用不对称端接，以致当元件轴线与主极轴线重合时，元件所接两换向片的分界线不与主极轴线重合，而是偏离后者一个角度，则电刷位置应相应地移过同一角度，如图 2-32（b）所示。

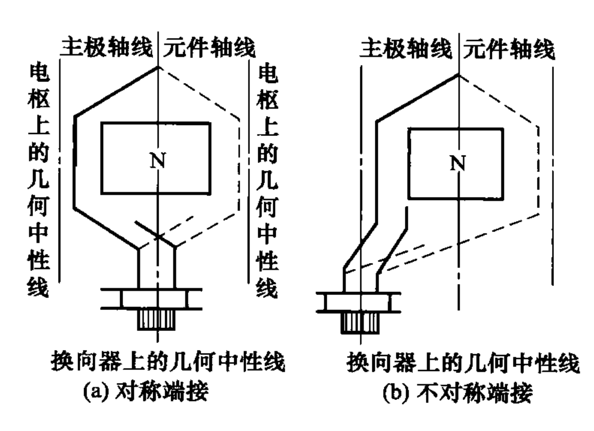


图 2-32　电刷放置法

综合以上分析，可概括如下：为了获得最大电动势，电刷应放在轴线与主极轴线重合的元件所接两换向片的分界线上，电刷的中心线与该分

界线重合。

我们把上面所指的换向器上的分界线称为换向器上的几何中性线。其物理意义为：当电刷中心线与此中性线重合时，被电刷短路的元件的电动势必等于零或接近于零。这样，关于电刷放置法的结论便可归结为一句话：电刷应放在换向器上的几何中性线上（通常把“换向器上的”五个字省略掉）。

从上述可见，对应于一个主极，换向器上便有一根几何中性线，因而可放一组电刷。电机有 $2p$ 个主极，故沿换向器圆周应放 $2p$ 组电刷。对本例，$2p=4$，故应放四组电刷。实际电机中，一个主极下的元件数和相应的换向片数很多，通常电刷宽度等于换向片宽的 1.5～3.0 倍，前面画连接图时为了分析方便只画成一个换向片宽。

（5）绕组的并联支路数

从图 2-31 中各元件的电动势方向可以看出，电刷 A1 和 A2 是正极性，B1 和 B2 是负极性。把同极性的电刷 A1 和 A2 连接到 A 点，B1 和 B2 连接到 B 点，则从图可清楚地看到，从 B 点经电枢绕组到 A 点共有四条并联支路。因此，如果把电机作为发电机而在端点 A、B 间接上负载，则有直流电流 I_a 从 A 点流经负载到 B 点，再等分为四路，每路电流 $i_a=\frac{1}{4}I_a$，进入电枢，通过电枢内四条支路流到 A 点，如图 2-31 中所示。当电枢旋转时，各元件的位置随着移动，构成各支路的元件在交替更换，但从电刷外面看绕组时，仍然是一个有四条并联支路的电路。实际上，从展开图都可看出，任何瞬间，上元件边处在同一主磁极底下的元件具有相同的电动势方向，它们串联起来就形成一条支路。因此一个主磁极对应着一条支路，本例有四个主磁极，故有四条并联支路。

从上分析可见单叠绕组的特点是：绕组的并联支路数恒等于电机的主极数，即

$$2a=2p$$

或

$$a=p$$

式中 a——并联支路对数。

单叠绕组的并联支路数等于主磁极数，故增加电机的主磁极数便可增加电枢绕组的支路数，从而可使电枢通过较大电流。如果采用复叠绕组，则可在主磁极数不变的情况下使电枢绕组的支路数成倍增加。

2.4.2 复叠绕组展开图的绘制

在叠绕组中，如果相串联的两个元件的对应边不是一个虚槽，而是相差 m 个虚槽，相应地每一个元件两端所接的换向片不是相邻的换向片，而是相距 m 片换向片，即 $y=y_k=\pm m$。按照这样的规律串联下去，则从第一个元件绕起，每绕过电枢一周，只能将总元件的 $1/m$ 串联起来，因此必须经过 m 周，才能将所有元件绕完，这种叠绕组称为复绕组。显然，复叠绕组是由 m 个单叠绕组复合而成的。

复叠绕组用得最多的是双叠绕组，即 $m=2$。双叠绕组的展开图如图 2-33 所示。

复叠绕组的特点如下。

① 对于双叠绕组，当元件数为偶数时，可连成双闭路双叠绕组，即将偶数元件连成一个闭合回路，将奇数元件连成另一个闭合回路，通过电刷将两个回路并联起来，如图 2-33 所示。如果元件数为奇数时，则只能连成单闭路双叠绕组，即将所有的奇数元件连完后，接着连偶数元件，最后连成一个闭合回路。

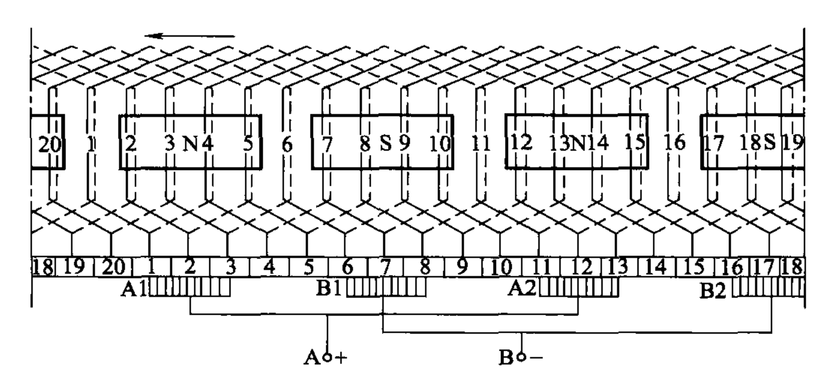


图 2-33 双闭路双叠绕组展开图

($2p=4$, $Z_u=S=K=20$, $y=y_k=+2$)

② 对于端接对称的复叠绕组，仍应将电刷放置在主磁极轴线下的换向片上，并沿换向器圆周放置 $2p$ 组电刷。为保证其工作正常，m 叠绕组的电刷宽度应不小于 m 个换向片宽度。

③ 由于 m 叠绕组是由 m 个单叠绕组构成的，因此它的并联支路数 $2a$ 应等于单叠绕组并联支路数的 m 倍，即

$$2a=2mp$$

$$a=mp$$

④ 由于复叠绕组与单叠绕组相比，可以不用增加磁极数而得到更多的并联支路数。因此，复叠绕组常用在需要较多并联支路的大电流直流电机中。

2.4.3 单波绕组展开图的绘制

波绕组是合成节距 $y=y_k=(K\pm1)/p=$整数的一种绕组。在绕制这种绕组时，每个元件的两个出线端所接的两个换向片相隔较远，$y_k>y_1$，两元件串联形成第 1 章图 1-5 所示的波浪形，故称为波绕组。当 $m=1$ 时，为单波绕组；当 $m>1$ 时，为复波绕组。在单波绕组中，若合成节距 y 的表达式中取负号，称为左行绕组，如图 1-5 (a) 所示；若取正号，称为右行绕组，如图 1-5 (b) 所示。右行绕组的端接部分交叉，且比左行绕组的端接线略长，故波绕组常采用左行绕组。

单波绕组的连接规律是，从某一换向片出发，把相隔约为一对极距的同极性磁极下对应位置的所有元件串联起来，直到沿电枢和换向器绕过一周后，恰好回到出发换向片的相邻一片上；然后再从此换向片出发，继续再绕第二周、第三周……一直把全部元件连完，最后回到最初出发的换向片，构成一个闭合回路为止。

单波绕组元件的第一节距 y_1 与叠绕组的一样，要求接近于极距 τ。但合成节距 $y=y_k$ 接近于 2τ（即 $y_k\approx\dfrac{K}{p}$）而不能等于 2τ。因为当 $y=2\tau$ 时，由出发点开始，串联 p 个元件而绕电枢一周之后，就会回到出发点而闭合，以致绕组无法继续绕下去。如果绕组从某一换向片出发，沿电枢圆周和换向器绕一周后恰好回到原来出发的那个换向片相邻的一片上，则可由此再绕第二周、第三周……最后把全部元件串联完毕并与最初的出发点相接而构成一闭合绕组。故要求 y_k 值满足下列关系：

$$py_k=K\mp1$$

或
$$y_k=y=\frac{K\mp 1}{p}=\text{整数}$$

波绕组的第二节距 y_2 为正值，同样满足 $y=y_1+y_2$ 的关系。

现举例来说明单波绕组的绕法、支路电动势和支路数等问题。

【例 2-10】 已知一台直流电机极数 $2p=4$；电枢槽数 Z、电枢虚槽数 Z_u、元件数 S 与换向器片数 K 槽数均等于 15。此时 $u=1$；$Z=Z_u=S=K=15$。要求绕制一个左行短距单波绕组。

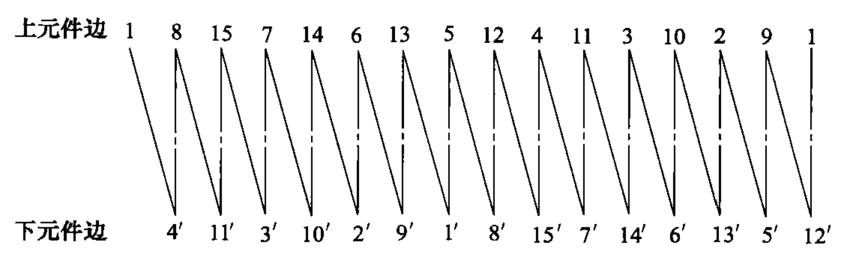
(1) 节距计算

因为是左行绕组，故
$$y=y_k=\frac{K-1}{p}=\frac{15-1}{2}=7$$

因为是短距绕组，故
$$y_1=\frac{Z_u}{2p}\mp\varepsilon=\frac{15}{4}-\frac{3}{4}=3$$
$$y_2=y-y_1=7-3=4$$

(2) 绕组连接表

根据上列节距可画出绕组的连接表。槽 1 的上元件边 1 接到槽 $1+y_1=1+3=4$ 的下元件边 4′构成第一个元件，再由 4′接到槽 $4+y_2=4+4=8$ 的上元件边 8，由 8 接到槽 $8+y_1=8+3=11$ 的下元件边 11′而构成第二个元件，如此继续接下去便得所有 30 个元件边的串联次序如下表。



从上表可见全部 15 个元件按下列次序串联起来，构成一个闭合绕组：

1—8—15—7—14—6—13—5—12—4—11—3—10—2—9—1

(3) 绕组展开图和电路图

根据上述的绕组连接表即可绘出绕组展开图，如图 2-34 所示。通常画波绕组的展开图时也要使端接对称。对波绕组来说，所谓端接对称是指：每一个元件所接的两个换向片对称地位于该元件轴线的左右两边，亦即元件所接两换向片之间的中心线与元件轴线重合。在端接对称的波绕组中，电刷也放在主极轴线下的换向片上。元件在换向器上的串联次序是：元件 1 的上元件边接到换向片 1，它的下元件边接到换向片 $1+y_k=1+7=8$，再串联元件 8 而接到换向片 $8+y_k=8+7=15$，如此继续串联下去，可把 15 个元件串联完毕而回到换向片 1，构成闭合回路。

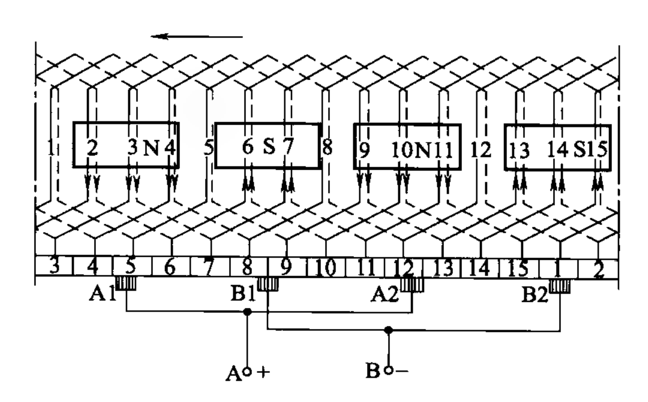


图 2-34　单波绕组展开图
($2p=4$，$S=K=Z=15$)

根据右手定则可确定，各元件的电动势方向如图 2-34 中箭头所示。在图中所示瞬间，由于元件 1、5、9 的元件边位于几何中性线附近，这三个元件的电动势为零或接

近于零。

把图 2-34 的展开图画成图 2-35 所示的电路图，可更清楚地看出所有元件的串联次序、电动势分布和电刷的放置情况。

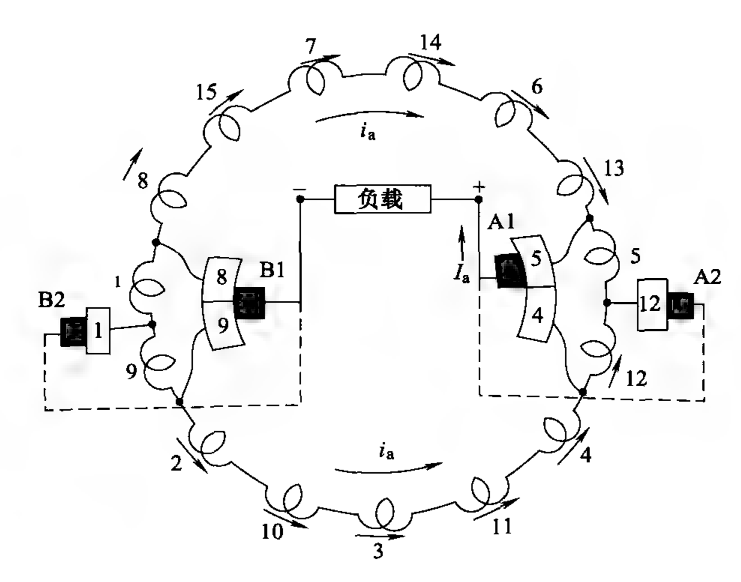


图 2 35　单波绕组的电路图

(4) 绕组的并联支路数

从图 2-35 可见，连接在一起的正电刷 A1 和 A2 把电动势为零的元件 5 短路；连接在一起的负电刷 B1 和 B2 则把电动势接近为零的元件 1 和 9 短路。从负电刷 B1 分两路出发，一路是从换向片 8 经元件 8、15、7、14、6、13 到换向片 5，再从换向片 5 到与它接触的正电刷 A1；沿此路线各元件的电动势方向都是顺着绕行方向，因而互相叠加。另一路线从换向片 9 经元件 2、10、3、11、4、12 至换向片 12，再到与它接触的正电刷 A2；沿此路线各元件的电动势方向也是顺着绕行方向而互相叠加。由此可见从负电刷经电枢绕组到正电刷只有两条并联支路。把图 2-35 和图 2-34 结合在一起来看，可见一条支路串联的六个元件 8、15、7、14、6、13 的上元件边都是位于极性为 S 的主磁极底下，而另一条支路串联的六个元件 2、10、3、11、4、12 的上元件边则都是位于极性为 N 的主磁极底下，加上三个被电刷短路的元件 1、9、5 就是绕组的全部元件。因此整个绕组只有两条并联支路，而与主磁极数目无关。当电枢旋转时，各元件的位置随时间变化，构成支路的元件则交替更换，但从电刷外面看绕组时仍然是一个有两条并联支路的电路。

从上分析可见，单波绕组的特点是并联支路数目恒等于 2，而与主磁极数目无关，即

$$2a=2$$

或

$$a=1$$

这是单波绕组与单叠绕组的显著差别。造成这种差别的根本原因是它们的连接规律不同。在单叠绕组中，元件的串联次序是先串联所有上元件边在同一个 N 极下面的元件，形成一条支路，再串联所有上元件边在相邻的一个 S 极下面的元件形成另一条支路，这样继续交替地串联全部元件而形成一闭合绕组。因此单叠绕组每增加一对主磁极就增加一对支路。但波绕组却不然，它是先把全部上元件边在电机所有 N 极下面的元件都串联起来，形成一条支路，再把全部上元件边在所有 S 极下面的元件都串联起来，形成另一条支路，再由这两部分串联成为闭合回路。因此整个绕组只有一对支路，主磁极数的增减与支路数无关。

（5）电刷位置和电刷组数

分析叠绕组时得出结论“电刷应放在换向器上的几何中性线上”也适用于波绕组。为此，可把“换向器上的几何中性线”的意义扩大为：当元件轴线与主磁极轴线重合时，该元件所接两换向片之间的中心线便是换向器上的几何中性线。其物理意义仍是：当电刷中心线与此几何中性线重合时，被电刷短路的元件的电动势等于零或接近于零。如图 2-34 所示瞬间，元件 5 的轴线与主磁极轴线重合，因此该元件所接两换向片 5 和 12 的中心线（即换向片 8、9 的分界线）是换向器上的几何中性线，故在这里放置电刷 B1，并使 B1 的中心线与此中性线重合。从图可见这时元件 9 和元件 1 串联后被电刷 B1 短路，因为此时元件 1 和 9 对称地位于 S 极轴线的左右两边，所以这二个元件的电动势大小相等而方向相反，串联起来便互相抵消，故合成电动势为零，随之被电刷 B1 短路时不会产生短路电流。实际上，此时元件 9 和 1 的元件边都位于电枢上的几何中性线附近，元件电动势本身就已接近于零，故串联之后即使不能完全抵消，其合成电动势也必然接近于零。对端接对称的绕组，无论叠绕组或波绕组，由于换向器上的几何中性线与主极轴线重合，所以电刷应放在主极轴线下的换向片上。

从以上分析可见，无论叠绕组或波绕组，每个主磁极都可在换向器上找到一根几何中性线，因此换向器上的几何中性线的数目等于主磁极数 $2p$，随之可在换向器上放置 $2p$ 组电刷。但对单波绕组，从图 2-35 可见，由于只有两条并联支路，理论上只需放置两组电刷就可以了。例如把图 2-35 中的电刷 A2 和 B2 取消，只留电刷 A1 和 B1，对两支路电动势的大小并无影响。但实际上除特殊情况外，一般仍采用 $2p$ 组电刷（即全额电刷）。这是因为电刷数目增加后，每组电刷上通过的电流可以减小，在一定的电刷允许电流密度下，可减小每组电刷与换向器的接触面积，随之可缩短换向器的长度，节省用铜量。

单波绕组的特点是只有两条并联支路，因此，在一定的绕组元件数下，每支路串联的元件数较多，因而可得较高电压。增加主磁极数不能增加波绕组的支路数。若要增加支路数，可采用复波绕组。

2.4.4 复波绕组展开图的绘制

在波绕组中，如果沿电枢绕一周，将同极性下的 p 个元件串联后，不是返回到与起始换向片相邻的换向片上，而是回到与起始换向片相隔 2 片或 m 片上，而后继续前绕，则所得绕组相当于 2 个或 m 个单波绕组复合在一起，故称为复波绕组。双波绕组的展开图如图 2-36 所示。

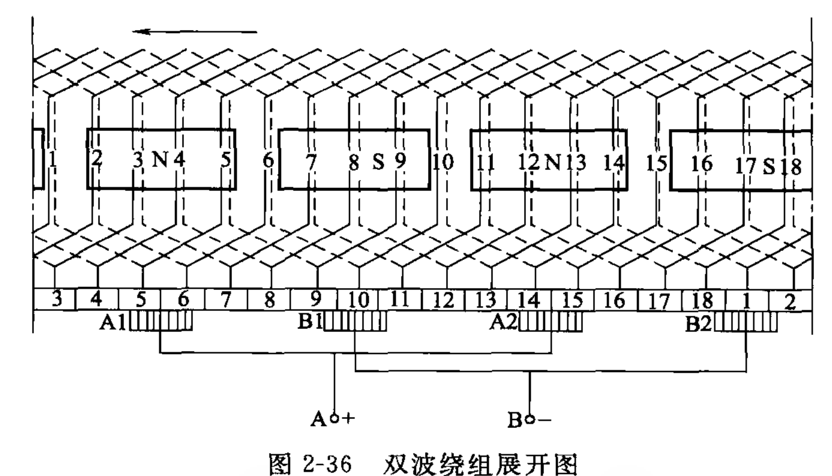


图 2-36　双波绕组展开图

$\left(2p=4,\ Z_u=S=K=18,\ y=y_k=\frac{K-2}{p}\right)$

复波绕组的特点如下。

① 和双叠绕组一样，构成双波绕组的两个单波绕组可以彼此互相串联而构成一个闭合回路，也可以没有直接联系而构成两个独立的闭合回路，前者称为单闭路双波绕组，后者称为双闭路双波绕组。一般说，当合成节距 y 或换向器节距 y_k 与换向片数 K 互为质数时，得单闭路双波绕组；而当 y_k 与 K 有公约数 2 时，则得双闭路双波绕组。

② 在端接对称的复波绕组里，电刷也应放置在主磁极轴线下面的换向片上，并且沿换向器圆周也放置 $2p$ 组电刷。为了将所包含的 m 个单波绕组并联起来，和 m 叠绕组一样，实用上 m 波绕组的电刷宽度常取不小于 m 个换向片的宽度。

③ 由于复波绕组是由 m 个单波绕组构成，并借电刷并联在一起，因此它的并联支路数为单波绕组并联支路数的 m 倍，即

$$2a=2m$$

或

$$a=m$$

④ 复波绕组常用于中型较高电压的直流电机中。

2.4.5　换向极与换向极绕组

装置换向极是改善换向最有效的方法。换向极安装在两个主磁极之间的几何中性线上，如图 2-37 所示。在换向极的极身上套有换向绕组，该绕组匝数不多，但导线截面积较大，换向极绕组与电枢绕组串联。

换向极的作用是当电机有负载时，电枢电流流过换向极绕组产生磁动势，其方向与交轴电枢磁动势 F_{aq} 相反，其大小则应除抵消换向极下交轴电枢反应磁动势外，还要在换向区内建立一个适当的外磁场，即换向磁场。通过换向磁场，使换向元件产生附加电动势，以抵消电抗电动势，只要设计正确，就可使换向元件的总电动势接近零值，从而改善电机的换向。

2.4.6　补偿绕组

在直流电机中，除电磁性火花外，有时还因某些换向片的片间电压过高而产生火花，称为电位差火花。在最不利的情况下，电磁性火花与电位差火花连成一片，以致发展到换向器上出现一圈火花，即所谓环火。克服环火最有效的方法是采用补偿绕组。

补偿绕组嵌装在主磁极的极靴上，如图 2-38 所示。补偿绕组与电枢绕组串联，其电流方向与所对应的主磁极下电枢绕组的电流方向相反，从而补偿交轴电枢反应。

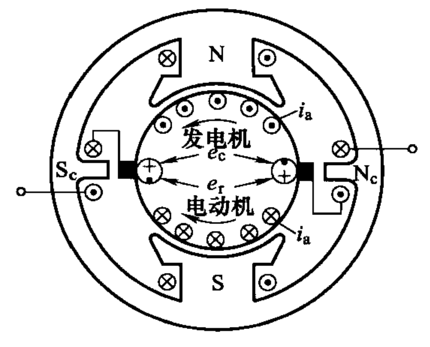


图 2-37　装置换向极改善换向

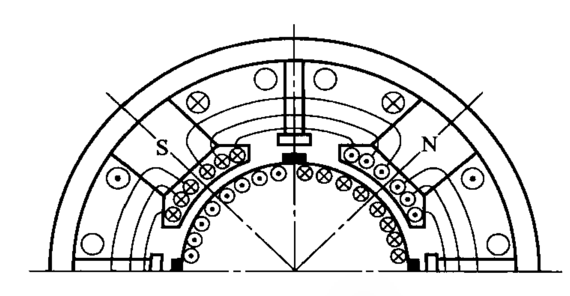
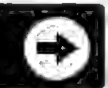


图 2-38　补偿绕组示意图

大、中容量的直流电机一般电枢电流较大，电枢反应将使气隙磁场严重畸变，从而形成换向片间的电位差火花而导致环火。如果在主磁极的极靴槽中安放补偿绕组，并和电枢绕组串联，令补偿绕组产生的磁动势与电枢绕组磁动势方向相反，从而消除交轴电枢磁动势的影响，使气隙磁场在负载时不产生畸变，可消除电位差火花，防止环火。装有补偿绕组的电机，其换向极所需磁动势可相应地减少。由于补偿绕组用铜量较多，结构复杂，因此只在大、中容量的直流电机中才采用。

第3章 绕组的拆除、绕制与绝缘结构

3.1 绕组的拆除



当电机的绕组严重损坏时，就必须将绕组全部拆换（又称重绕）。由于电机的绝缘等级及绕组的结构不同，其拆换工艺也有所差异。下面以中小型异步电机定子绕组为例，介绍绕组的拆除步骤及方法。

3.1.1 记录原始数据

拆除旧绕组前以及拆除过程中，除了要记录电机的铭牌数据外，还要记录以下各项原始数据，作为选用电磁线、制作绕线模、绕制线圈及改绕计算等的数据。

(1) 绕组数据

① 绕组形式。

② 每槽线数（又称每槽导体数）。

③ 电磁线型号。

④ 电磁线规格。

⑤ 并绕根数。

⑥ 线圈的节距。

⑦ 并联支路数。

⑧ 绕组的接法。

⑨ 线圈的形式及尺寸。

⑩ 线圈伸出铁芯长度（见图 3-1）。

⑪ 绕组接线圈。

⑫ 绕组引出线与机座的相对位置。

⑬ 电磁线的总重量。

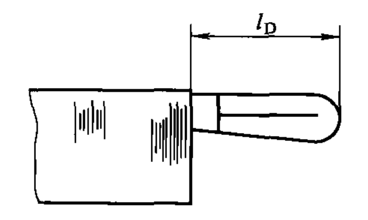


图 3-1 绕组端部伸出铁芯的长度

(2) 铁芯数据

① 定子铁芯内径。

② 定子铁芯外径。

③ 定子铁芯长度。

④ 定子槽数。

⑤ 定子槽形尺寸（见图 3-2）。

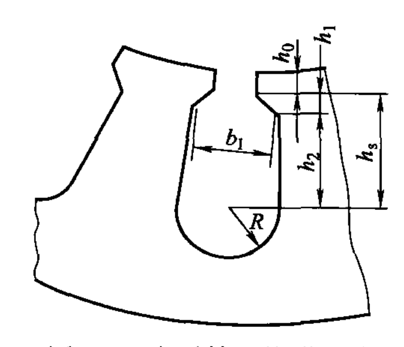


图 3-2 定子铁芯槽形尺寸

3.1.2 拆除绕组的方法

3.1.2.1 冷拆法

采用冷拆法拆除绕组可以保护铁芯的电磁性能不致变坏，但比较费力。冷拆法又分为冷

拉法和冷冲法两种。

(1) 冷拉法

先用废锯条制成的刀片或其他小刀等工具，从槽口的一端将槽楔破开，将槽楔从槽中取出。也可用扁铁棒顶住槽楔的一端，用榔头将其敲出。再用斜口钳将绕组端部逐根剪断或用凿子（錾子）沿靠近铁芯端面处将电磁线切断。然后用钳子夹住线圈的另一端将电磁线逐根拉出。若线圈嵌的太紧，可将铁棒从绕组端部插入后，运用杠杆原理，将电磁线用力撬出（见图 3-3）。如果有专用的电动拉线机，拆除绕组就更为方便。操作时，应不要用力过猛，以免损坏槽口或使铁芯变形。

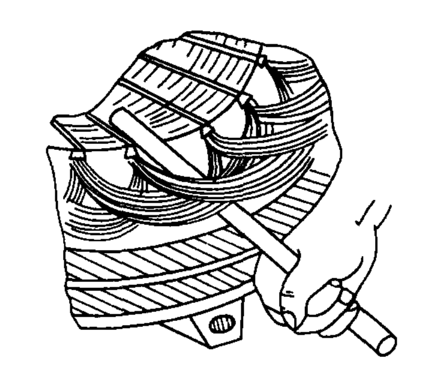


图 3-3　用铁棒撬出线圈

(2) 冷冲法

对于电磁线较细的绕组，由于其机械强度低，容易拉断，可先用平头钢凿沿铁芯端面将整个绕组齐头铲断，然后用一根横截面与槽形相似，但尺寸比槽截面略小的铁棒，抵住槽内线圈一端的断面，用锤子敲打，将线圈从另一端槽口处冲出。

3.1.2.2　热拆法

采用热拆法拆除绕组比较容易，但会在一定程度上破坏铁芯绝缘，影响铁芯的电磁性能。热拆法又分为通电加热法、烘箱加热法和明火加热法三种。

(1) 通电加热法

通电加热时需将转子抽出，用三相调压器或电焊机向定子绕组通入低压大电流，电流大小可调到额定电流的 2～3 倍。根据设备情况，可以将三相绕组同时通电（接成星形、三角形、三相绕组并联或接成开口三角形等），也可以将一相绕组、一个线圈组或单个线圈分别通电。待绝缘软化，绕组端部冒烟时，即可切断电源，迅速打出槽楔，拆除绕组，也可一边加热，一边拆除，直到全部拆完为止，这种方法适用于功率较大的电机，其温度容易控制，但必须有足够容量的电源设备。对于绕组中有断路或短路的线圈，其局部不能加热，需采用其他方法拆除。

(2) 烘箱加热法

用烘箱（也可用电炉、煤炉等）加热定子绕组，待线圈绝缘软化后即可拆除绕组。加热时，应注意温度不宜超过 200℃，以免烧坏铁芯。

(3) 明火加热法

用木柴火烧加热时，将电机定子架空立放，在定子腔中加木柴燃烧，使绝缘软化烧焦后，将绕组拆除，也可用煤气，乙炔或喷灯等加热，拆除绕组。采用明火加热时，火势不宜太猛，时间不宜太长，以烧焦绝缘物为止。此法虽简单易行，但会严重破坏硅钢片表面漆膜，使铁芯损耗增大，电磁性能下降，因此最好不要采用明火加热法。

3.1.2.3　溶剂法

将电机定子立放在一个有盖的铁箱内，用毛刷将一种自制溶剂刷在绕组的端部和槽口上，然后加盖密封，防止溶剂挥发太快，待绝缘软化后，即可将绕组拆除。

自制溶剂的方法是：配料质量比为丙酮 50％、甲苯 45％、石蜡 5％；先将石蜡加热熔化后，移开热源，再加入甲苯，最后加入丙酮搅拌均匀即可。

必须注意，使用溶剂时要防火，并注意通风良好，以防将有害气体吸入人体，造成中

毒。溶剂法费用较高，一般只用于微型电机绕组的拆除。

3.1.3 拆除绕组后应做的工作

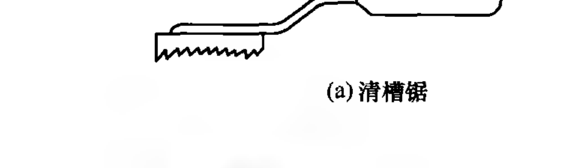
（1）清除槽内的绝缘纸等残留物

旧绕组全部拆除后，要趁热将槽内残余绝缘清理干净，尤其在通风道处不准有堵塞。清理铁芯时，可用清槽锯、清槽钢丝刷等专用工具（见图 3-4）进行清理，不许用火直接烧铁芯。对于有毛刺的槽口，要用细锉锉光磨平；对于不整齐的槽形，要进行修整。如果铁芯松弛和两侧不紧（拆除旧绕组时操作不妥使硅钢片向外张开），可用两块钢板制成的圆盘，其外径略小于定子铁芯的外径，中心开孔，穿一根双头螺栓，将铁芯两端夹紧，紧固双头螺栓，使铁芯恢复原形。若只有个别齿的硅钢片向外张开，可在沿铁芯端面约 45°的方向，用金属棒或小锤轻轻敲打该硅钢片的端部，将该硅钢片敲平或略向里弯曲即可。

铁芯清理后，用蘸有汽油的擦布擦拭铁芯各部分，尤其在槽内不允许有污物存在。最后再用压缩空气吹净铁芯。清理后的铁芯表面应干净，槽内应清洁整齐。

（2）记录线圈的有关数据

尽可能按规格，各保留一个完整的旧线圈，以备制作绕线模时参考。并详细记录线圈的匝数、并绕根数、每根电磁线的线径、每个线圈的单匝总长（可取平均值）。



(a) 清槽锯

(b) 清槽钢丝刷

图 3-4 清理铁芯常用的工具

3.2 线圈制作的技术要求



小型异步电机的定子绕组一般均采用散嵌式绕组。散嵌式绕组的线圈由圆电磁线绕制而成。绕制线圈时，一般须符合下列技术要求。

（1）匝数要准确

绕完后的线圈，其匝数应完全正确。匝数错误将引起电磁参数变化，影响电机的技术性能。因此，在绕制线圈时，须有可靠的计数装置。

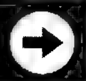
（2）尺寸和形状应符合图纸要求

所有线圈均须保证尺寸正确，线圈形状必须符合电机实际要求。否则，若线圈长度过短，将造成嵌线困难，影响嵌线质量，缩短绕组正常使用寿命；若线圈直线长度过长，则不但浪费铜线，还使电机的铜耗增加，影响电机的运行性能。还可能因线圈端部过长而碰端盖，易造成绕组接地。

（3）绝缘要良好可靠

线圈的匝间及对地绝缘都应该良好可靠。多匝线圈中的电磁线绝缘是绕组绝缘结构中的薄弱环节，若电磁线绝缘在绕制中受损，将会造成线圈匝间短路。因此，线圈与铁芯之间以及上、下层线圈之间都必须妥善绝缘。并采用正确的工艺方法，以防止电磁线绝缘在电机修理中受损。

3.3 绕线模的简易计算和制作



定子线圈是在绕线模上绕制而成的。绕制的线圈是否合适，取决于绕线模的尺寸是否合适，若绕线模的尺寸太小，则使线圈端部长度不足，将造成嵌线困难，甚至嵌不进去，影响嵌线质量，缩短绕组正常使用寿命；若绕线模尺寸做得太大，则绕组得电阻和端部漏电抗都将增大，使电机的铜损耗增加，影响电机的运行性能，而且浪费电磁线，还可能造成线圈端部过长而碰端盖。所以，合理地设计和制作绕线模是保证电机质量的关键因素之一。

3.3.1 半圆形绕线模的计算

半圆形绕线模（又称鼓形绕线模）如图 3-5（a）所示。其简易计算方法如下。

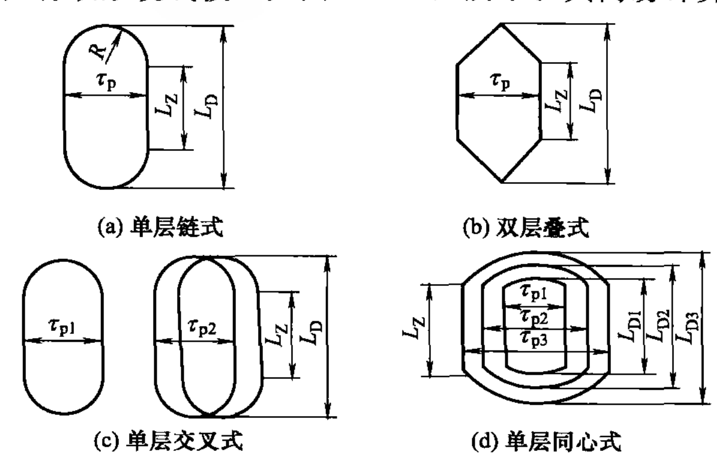


图 3-5 常用线圈的形式及有关尺寸

（1）绕线模的宽度 τ_p

$$\tau_p=\frac{\pi(D_{i1}+h_s)}{Z_1}y-b_p$$

式中 D_{i1}——定子铁芯内径；

h_s——定子槽的深度；

Z_1——定子槽数；

y——线圈节距，用槽数表示；

b_p——定子槽的中部的宽度。

（2）绕线模端部圆弧半径 R

$$R=\frac{(L_D-L_Z)^2+\tau_p{}^2}{4(L_D-L_Z)}$$

式中 L_D——绕线模端点距离；

L_Z——绕线模直线部分的长度。

半圆形绕线模端点距离 L_D、绕线模直线部分长度 L_Z 及绕线模厚度 b 的简易计算方法与棱形绕线模相同。

3.3.2　棱形绕线模的计算

棱形绕线模（又称梭形绕线模）的形状如图 3-5（b）所示，双层绕组常用这种绕线模。其简易计算方法如下。

（1）绕线模的宽度 τ_p

$$\tau_p = \frac{\pi(D_{i1} + h_s)}{Z_1} y$$

式中　D_{i1}——定子铁芯内径；

h_s——定子槽的深度；

Z_1——定子槽数；

y——线圈节距，用槽数表示。

（2）绕线模端点距离 L_D

$$L_D = l + K_L \tau_p$$

式中　l——定子铁芯长度；

K_L——经验系数，可由表 3-1 选取。

电机绕线模端部长度经验系数 K_L 见表 3-1。

表 3-1　电机绕线模端部长度经验系数 K_L

绕组形式	2～6 极 双层绕组	8～10 极 双层绕组	单层同心式	单层交叉式	单层链式
K_L	0.98～1.16	1.1～1.4	0.6～0.72	0.86～1.22	1.22～1.68

注：极数多者取较大值。

（3）绕线模直线部分长度 L_Z

$$L_Z = l + 2A$$

式中　$2A$——线圈直线部分伸出铁芯长度，对于小型电机，一般取 15～30mm。

（4）绕线模厚度（即模心厚度）b

双层绕组

$$b = (0.37 \sim 0.41) h_s$$

单层绕组

$$b = (0.40 \sim 0.58) h_s$$

3.3.3　绕线模的制作

绕线模由模心和夹板两部分构成，如图 3-6 所示。模心一般斜锯成两块，半块固定在上夹板上，另半块固定在下夹板上，这样绕成线圈后容易脱模。

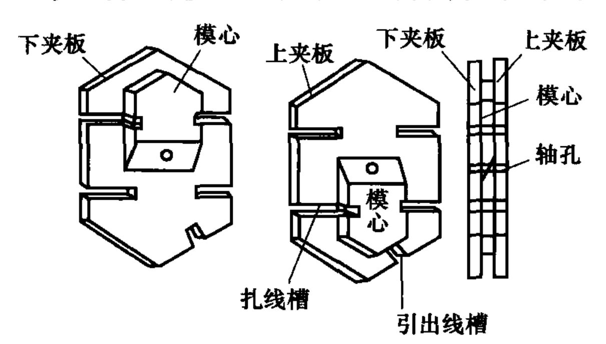


图 3-6　绕线模的结构

绕线模一般用干燥的木料制作。从准确性和耐用性来说，宜用硬木制作，但硬木加工困难，且容易变形、开裂，所以也常用容易加工、不易变形的杉木做绕线模。制作时，必须选用没有开裂的木板，按绕线模厚度刨削平整，再用砂纸打去毛刺，按尺寸锯出绕线模，磨去粗

糙锯痕，保留模板棱边，最后在模板中心钻一绕线机轴孔，则单块模板即可完成。对于大量或长期使用的绕线模，可用层压玻璃布板、塑料板或铝合金板制作。

夹板形状可随模心形状，也可做成长方形、八边形或其他相应形状。夹板的尺寸应视电机而定，一般小型电机，夹板的每个边长应比模心大出 10～15mm；较大的电机每个边长应比模心大出 20～30mm。小型电机夹板厚度一般取 10～12mm；较大的电机夹板厚度一般取 15～20mm。多联模的中间夹板的厚度一般取 7～10mm。

绕线模还可以按每极每相的线圈个数制作，如每个极相组有 3 只线圈，则可做成 3 块模心，4 块模板，如图 3-7 所示。绕制线圈时，可以将 3 只线圈连绕，省去线圈间的焊接，可以节省工时和提高接线的质量。对于容量较小的电机或大批量生产的电机，还可以制作成将一相（或一条支路）内各线圈连绕的绕线模，既可省去各线圈之间的焊接，又可省去极相组之间的焊接。

绕线模的尺寸除用简易方法进行计算外，还可用试槽法估算（见图 3-8），即用一根电磁线做成线圈形状，按规定的节距放入定子槽中，将线圈两端弯成椭圆形，向下按线圈两端，当线圈端部与机壳轻微相碰时，这个线圈的尺寸可作为绕线模的参考尺寸。另外，在拆除定子绕组时，也可留出一个较完整的线圈，取其中最小的一匝作为绕线模的尺寸。

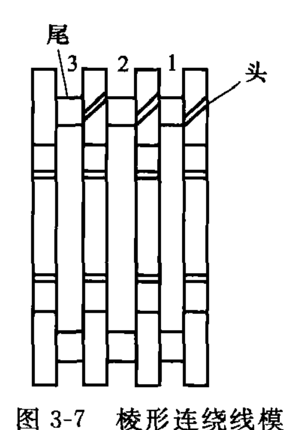


图 3-7　棱形连绕线模

图 3-8　试槽法示意图

3.3.4　多用绕线模

以上所介绍的绕线模，都是一模一用的专用绕线模，它要耗用大量材料，很不经济。为了达到一模多用，还可以设计、制作或外购各种形式的多用绕线模。

常用多用绕线模分别如图 3-9 和图 3-10 所示。使用时，只要根据线圈尺寸调节绕线模上的螺栓即可。

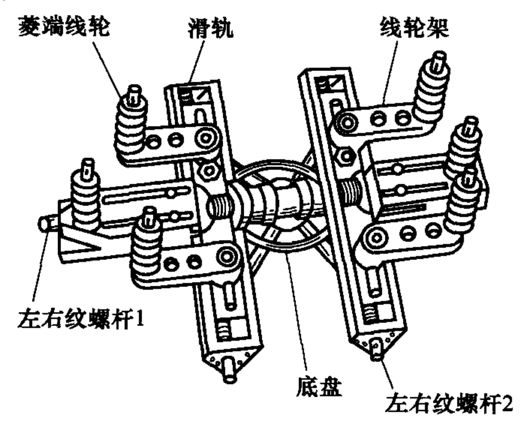
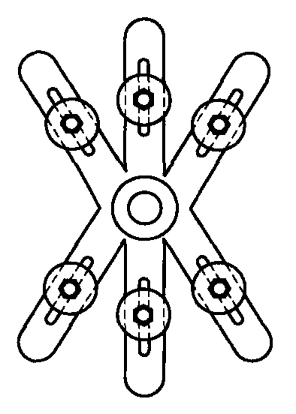
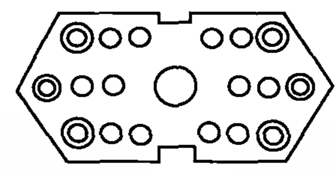


图 3-9　多用绕线模


图 3-10　简易多用绕线模


图 3-11　自制的多用绕线模

除购买多用绕线模外，也可自制更简易的多用绕线模，如图 3-11 所示。模板可用木板、层压玻璃布板或塑料板等制作。在板上钻几排孔（图中为三排孔），若用于不同节距，可以多钻几排孔，用六根竹棒插入孔中，每根竹棒上套上一个外径约 12mm，厚 10mm 的塑料垫圈，再套上一块同样的模板，装夹到绕线机上，就可绕制。若需连绕几只线圈，只要多做几块模板和塑料垫圈，并将竹棒做长一些即可。

3.4　线圈的绕制



3.4.1　绕线前的准备

在正式绕线前，应检查所用电磁线是否符合所需规格，然后进行试模，即用制作好的绕线模绕一只线圈（或若干匝），嵌入相应槽中，检查端部是否过长，嵌线是否困难，确定合适后，再正式绕制线圈。

线圈是在绕线机上利用绕线模绕成的。一般小线圈多用手摇绕线机绕制；大线圈则在电动绕线机上绕制。一般绕线机都是累计式的匝数计数器。因此，将绕线模装置好，并将扎线放入扎线槽内后，应将计数器调零或记下始绕数字才能绕线。

3.4.2　导线的检查

绕线前用千分尺检查电磁线直径及绝缘厚度是否合乎要求。若电磁线直径过细，超出公差值，而使绕组电阻增大 5%以上，将会影响电机的电气性能。若电磁线的绝缘厚度超过规定值，会致使嵌线困难。对于漆包线，特别要注意漆皮应均匀光滑，不应有气泡、漆瘤、霉点和漆皮剥落现象。此外，还要检查一下电磁线的软硬程度，如果太硬，则不宜绕制线圈。

在一般电机中，使用单根电磁线直径应不超过 1.60mm。线径太大，将使嵌线困难，槽空间利用率不高，因此当单根电磁线直径大于 1.60mm 时，宜采用两根或多根电磁线并绕，使嵌线操作时较柔软。但是，线径也不能太小，否则电磁线机械强度太差，也不适宜。

3.4.3　线圈的绕制

3.4.3.1　绕制线圈的一般步骤

① 将备绕的电磁线装在放线架上，如图 3-12（a）所示。如果电磁线直径小于 0.5mm，

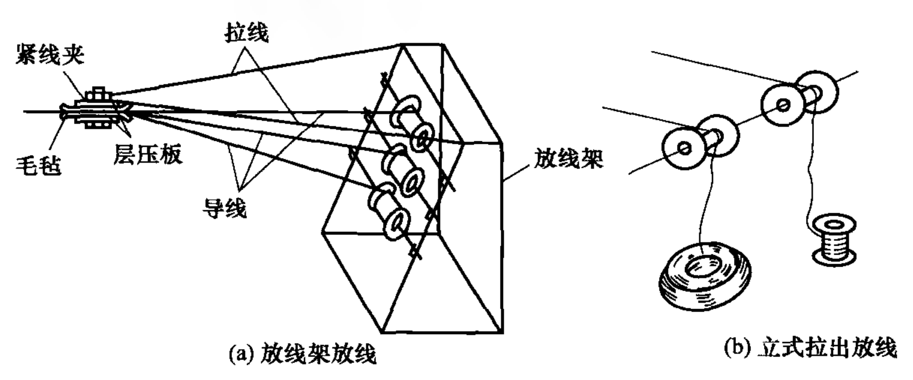


图 3-12　放线法示意图

则宜采用立式拉出放线法，如图 3-12（b）所示。

② 在绕线机与放线架之间，必须把电磁线夹紧，夹紧电磁线的方法很多，一般采用紧线夹，如图 3-12（a）所示。紧线夹应垫有浸过石蜡的毛毡，并适当调整夹紧程度，以保证绕线时具有一定的拉力。如果绕制小型线圈，电磁线较细，可用套管套在电磁线外面，绕线时用手握住套管，靠套管与电磁线之间的摩擦力也可夹紧，如图 3-13 所示，这样操作更方便。

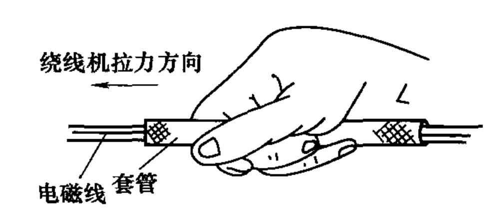


图 3 13　用手握套管的方法夹紧电磁线

③ 绕线前，先将绑扎线放入扎线槽内，再把电磁线的起头固定在绕线机上或其他部位。电磁线的起头一般固定在绕线机的右手边。

④ 绕线时，一般从右向左绕。每绕完一个线圈时，要把电磁线从跨线槽过渡到相邻的模心上，并且用事先放好的绑扎线把这个已绕完的线圈捆好。

⑤ 绕制同心式线圈时，一般先绕小线圈，再绕中线圈，后绕大线圈。

⑥ 每个极相组（线圈组）的线圈连绕时，过线不用套绝缘管。每相的线圈连绕时，极相组之间一般要套绝缘管。若需套绝缘管，应在绕制线圈前，首先根据一次连绕的极相组的个数确定所需绝缘管的数量，并按所需规格剪制好绝缘管，依次套入电磁线。绕制时，绕制完一个极相组后，移出近处的一个绝缘管，按规定留出连接线长度，并固定在绕线模特制的柱销上，再绕制下一个极相组。

⑦ 按上述步骤依次绕完其余的线圈。

⑧ 线圈绕满规定的匝数后，留足尾线，但不要过长，以免浪费。

⑨ 用原嵌入扎线槽内的绑扎线扎好线圈，以防散乱。然后就可退出绕线模，取出线圈。

3.4.3.2　绕制线圈时应注意的事项

① 绕线速度不宜过快。绕制线圈时必须将电磁线排列整齐，避免交叉混乱，否则将使嵌线困难，并容易造成匝间短路。

② 电磁线的规格及线圈匝数必须符合设计要求，否则将会影响电机的性能。

③ 绕线时必须保护电磁线的绝缘，不允许有点滴破损。

④ 电磁线的接头必须安排在线圈端部斜边处进行焊接，并套上绝缘管，电磁线的接头不可安排在槽内。

3.5　绕组绝缘结构及绝缘规范



3.5.1　交流电机绕组的绝缘结构及绝缘规范

在异步电机定子绕组中，单层绕组的绝缘结构如图 3-14 所示，双层绕组的绝缘结构如图 3-15 所示。

（1）J2、JO2 系列电机的绝缘规范

① 定子线圈。定子线圈由 QQ 型或 QZ 型高强度漆包线绕制而成。

② 槽部绝缘。槽部绝缘（简称槽绝缘）采用槽绝缘不出槽口，在槽楔下加 U 形垫条（即盖槽绝缘）的方案。这个方案比槽绝缘折弯交叠的方案可减少槽绝缘高度方向的厚度，提高槽的利用率。不同机座号的电机其槽绝缘规范见表 3-2。

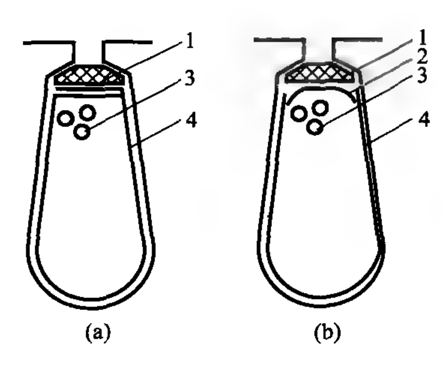


图 3-14　单层绕组的绝缘结构
1—槽楔；2—盖槽绝缘；3—绕组；
4—槽绝缘

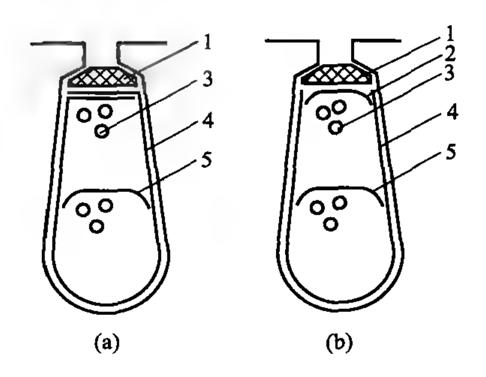


图 3-15　双层绕组的绝缘结构
1—槽楔；2—盖槽绝缘；3—绕组；
4—槽绝缘；5—层间绝缘

表 3-2　J2、JO2 系列电机定子绕组槽绝缘规范

机座号	槽绝缘形式	总厚度/mm
1～2	0.22mm 聚酯薄膜复合绝缘纸	0.22
3～5	0.27mm 聚酯薄膜复合绝缘纸	0.27
6～9	0.15mm 三聚氰胺醇酸黄玻璃漆布与 0.27mm 聚酯薄膜复合绝缘纸	0.42

③ 相间绝缘。绕组端部各相之间采用一层与槽绝缘相同规格的聚酯薄膜复合绝缘纸。其形状要与线圈端部的形状相同，但尺寸要比线圈端部大。

④ 层间绝缘。当采用双层绕组时，同一个槽内上、下两层之间垫入一层 0.27mm 的聚酯薄膜复合绝缘纸，其长度约等于线圈的直线部分的长度。

⑤ 槽楔。槽楔采用厚度为 2.5mm 或 4mm 的梯形竹楔，经变压器油煮煎处理而成。槽楔下衬垫材料规格与槽绝缘相同。

⑥ 引接线。引接线系采用电缆，其连接部位在端部绑扎时一起扎牢。

⑦ 端部绑扎。1～5 号机座的电机定子绕组端部用经浸 1032 漆处理的无碱玻璃丝带或玻璃丝套管疏绕扎紧；6～9 号机座的电机定子绕组端部必须绑扎牢。

⑧ 绝缘漆浸烘处理。定子绕组嵌线和接线后，浸 1032 漆两次。

(2) Y 系列电机的绝缘规范

① 定子线圈。定子线圈采用 QZ-2 型高强度聚酯漆包圆铜线绕制而成。

② 槽绝缘。槽绝缘采用复合绝缘材料（DMDM 或 DMD），不同中心高的电机其槽绝缘规范见表 3-3。

③ 相间绝缘。绕组端部各相之间垫入与槽绝缘相同的复合绝缘材料（DMDM 或 DMD），其形状要与线圈端部的形状相同，但尺寸要比线圈端部大。

④ 层间绝缘。当采用双层绕组时，同一个槽内上、下两层线圈之间垫入与槽绝缘相同的复合绝缘材料（DMDM 或 DMD）作为层间绝缘，其长度约等于线圈的直线部分的长度。

⑤ 槽楔。槽楔采用冲压成型的 MDB（M、D 和玻璃布 B 的复合物）复合槽楔或新型的引拔槽楔或 3240 环氧酚醛层压玻璃布板。中心高为 80～280mm 的电机用厚度为 0.5～1.0mm 的成型槽楔或引拔槽楔，或厚度为 2mm 的 3240 板；中心高为 315mm 的电机用厚度为 3mm 的 3240 板或引拔槽楔。冲压或引拔成型的槽楔，其长度与相应的槽绝缘相同；3240 板槽楔的长度比相应的槽绝缘短 4～6mm。槽楔下垫入长度与槽绝缘相同的盖槽绝缘。

表 3-3　Y 系列电机定子绕组槽绝缘规范　mm

外壳防护等级	中心高	槽绝缘形式及总厚度				槽绝缘均匀伸出铁芯两端长度
		DMDM	DMD+M	DMD①	DMD+DMD	
IP44	80～112	0.25	0.25 (0.20+0.05)	0.25		6～7
	132～160	0.30	0.30 (0.25+0.05)			7～10
	180～280	0.35	0.35 (0.30+0.05)			12～15
	315	0.50			0.50 (0.20+0.30)	20
IP23	160～225	0.35	0.35 (0.30+0.05)			11～12
	250～280		0.40 (0.35+0.05)		0.40 (0.20+0.20)	12～15

① 0.25mmDMD 其中间层薄膜厚度为 0.07mm；D—聚酯纤维无纺布；M　6020 聚酯薄膜。

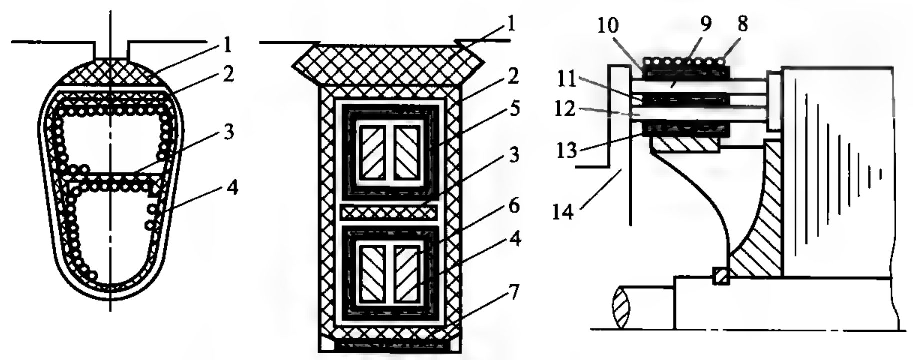
⑥ 引接线。引接线采用 JXN（JBQ）型铜芯橡皮绝缘丁腈护套电机绕组引接电缆，用厚 0.15mm 的醇酸玻璃漆布带或聚酯薄膜带将电缆和线圈连接处半叠包一层，外部再套醇酸玻璃漆管一层。如无大规格醇酸玻璃漆管，线圈连接处可用醇酸玻璃漆布带半叠包两层，外部再用 0.1mm 无碱玻璃纤维带半叠包一层。

⑦ 端部绑扎。中心高为 80～132mm 的电机，定子绕组端部每两槽绑扎一道；中心高为 160～315mm 的电机，定子绕组端部每一槽绑扎一道。对中心高为 180mm 的二极及中心高为 200～315mm 的二、四极电机，定子绕组的鼻端用无碱玻璃纤维带半叠包一层。中心高为 315mm 的二极电机，定子绕组端部外端用无纬玻璃带绑扎一层。在有引接线的一端，应将电缆和接头处同时绑扎牢，必要时应在此端增加绑扎层数（或绑扎道数）。绑扎用材料为电绝缘用的聚酯纤维编织带（或套管），或者用无碱玻璃纤维带（或套管）。

⑧ 绝缘漆浸烘处理。浸渍漆为 1032 漆时，采用二次沉浸处理工艺。采用 EIU、319-2 等环氧聚酯类无溶剂漆时，沉浸一次。

3.5.2 直流电机绕组的绝缘结构及绝缘规范

直流电机电枢绕组的绝缘结构（500V 以下电压等级、耐热等级为 B 级）如图 3-16 所示。



(a) 梨形槽散嵌线圈的绝缘结构　(b) 矩形槽成型线圈的绝缘结构　(c) 绕组端部的绝缘结构

图 3-16　直流电枢绕组的绝缘结构

1—槽楔；2—槽绝缘；3—层间绝缘；4—导线；5—导线绝缘；6—匝间绝缘；7—槽底绝缘；8—钢丝；9—上层导线；10—钢丝下绝缘；11—端部层间绝缘；12—下层导线；13—支架绝缘；14—升高片

图 3-16（a）为梨形槽散嵌线圈的绝缘结构，其所用材料见表 3-4。图 3-16（b）为矩形槽成型线圈的绝缘结构，其所用材料见表 3-5。绕组端部的绝缘结构如图 3-16（c）所示。

表 3-4　梨形槽散嵌线圈的绝缘材料

项号	材料名称＼绝缘等级	B　级	F　级	H　级
1	槽楔或绑环	环氧酚醛玻璃布板 高强度无纬玻璃丝带	环氧酚醛玻璃布板 高强度无纬玻璃丝带	硅有机玻璃布板 聚芳烷基醚 酚树脂无纬玻璃丝带
2	槽绝缘	聚酯纤维纸-聚酯薄膜 聚酯纤维纸复合材料	聚砜纤维纸-聚酯薄膜-聚砜纤维纸复合材料	聚砜纤维纸-聚酰亚胺薄膜-聚砜纤维纸复合材料
3	层间绝缘	聚酯纤维纸-聚酯薄膜-聚酯纤维纸复合材料	聚砜纤维纸-聚酯薄膜-聚砜纤维纸复合材料	聚砜纤维纸-聚酰亚胺薄膜-聚砜纤维纸复合材料
4	导线	高强度聚酯漆包线	聚酯亚胺漆包线	聚酰亚胺漆包线 聚酰胺酰亚胺漆包线

表 3-5　矩形槽成型线圈的绝缘材料

项号		材料名称＼绝缘等级	B　级	F　级	H　级
槽部	1	槽楔或绑环	环氧酚醛玻璃布板 高强度无纬玻璃丝带	环氧酚醛玻璃布板 高强度无纬玻璃丝带	硅有机玻璃布板 聚芳烷基醚-酚树脂无纬玻璃丝带
	2	槽绝缘	聚酯薄膜玻璃漆布	聚酰亚胺薄膜玻璃漆布	聚砜酰胺纤维纸-聚酰亚胺薄膜复合材料
	3	槽底垫条	环氧酚醛玻璃布板	环氧酚醛玻璃布板	硅有机玻璃布板
线圈	4	包护带	无碱玻璃丝带	浸 6301 漆无碱玻璃丝带	浸硅有机漆无碱玻璃丝带
	5	对地绝缘	桐油酸酐环氧粉支母带，醇酸玻璃柔软云母板	HF 薄膜 F 级柔软云母板	硅有机漆粉云母带聚酰亚胺薄膜
	6	匝间绝缘	高强度聚酯漆或醇酸树脂双玻璃丝或醇酸纸云母带	聚酯亚胺漆和单玻璃丝	HF 薄膜-薄硅有机漆双玻璃丝

3.5.3　变频调速异步电机加强绝缘的措施

（1）选用合适的电磁线

电磁线（漆包圆线）采用三层漆膜复合导线，其底漆为聚酯亚胺，面漆为聚酰胺酰亚胺，中间层为含抗高频脉冲性能的纳米材料的有机漆膜。也可采用使用特殊漆膜涂层的双层复合导线或使用变频电机专用耐电晕漆包圆铜线。

（2）加强槽绝缘和相间绝缘

槽绝缘材料目前使用的 NHN、NMN 或 F 级 DMD 等由几种混合物制成。这类材料由于具有有机性，不能耐电晕。解决办法是加入一种含云母的新型槽绝缘，云母的加入使其耐电晕性比只以有机材料为基础的材料有所提高。通过使用两侧贴有聚酯薄膜的 160g/m^2 云

母纸，实现短期和长期耐电晕。聚酯薄膜也给这种材料提供足够的强度，以利于绕组的嵌线和整形处理。

相间绝缘宜优先采用表面贴有聚酯绒布的NHN、NMN或F级DMD和薄膜组成的组合绝缘。因为通常所用的是浸渍处理后全部为F级的材料，因此两层聚酯绒布间夹一层聚酯薄膜的绝缘是一种良好的材料。同其他材料相比，它能更好地吸收树脂，使固化期间的漆或树脂不易流出，可以实现与导线更好地粘接。

（3）浸渍漆和浸渍工艺的选用

目前F、H级浸渍漆主要分为有溶剂漆、苯乙烯型无溶剂浸渍树脂和低挥发分聚酯型无溶剂浸渍树脂。有溶剂漆含有的溶剂在烘焙过程中大量挥发，在绕组内易形成气隙，不适合变频电机使用。苯乙烯型无溶剂浸渍树脂含有的苯乙烯单体在高温固化时，也易挥发，同样难以形成无气隙绝缘。低挥发分聚酯型无溶剂浸渍树脂固化速度快，固化过程中挥发物小于5%，采用适当的浸渍工艺，基本上可以形成无气隙绝缘。

由于交流变频电机要求获得无气隙绝缘，而且电机品种规格较多，大小差异甚大，故不宜采用沉浸、滴浸或滚浸工艺。采用真空压力浸渍工艺能使浸渍树脂充分渗透到电机绕组间的空隙，为了防止浸渍树脂在烘焙、固化过程中流失，宜采用旋转烘焙固化工艺，这样可以得到较理想的无气隙绝缘。

（4）合理的绕线、嵌线等加工工艺

绕组的制作质量，对于变频电机绝缘结构整体绝缘性能有较大的影响。因此，对于绕线、嵌线、绑扎等加工工艺必须严加管理，特别是在绕线、嵌线过程中应注意防止损伤导线，嵌线过程中应保证槽绝缘、相绝缘放置到位。必须对嵌线后的白坯严格按照匝间耐冲击电压试验及对地耐电压试验标准进行试验，以确保其电气绝缘性能的可靠。

（5）提高绝缘结构的机械强度

由于电磁激振力及机械振动等影响，变频电机绝缘结构应尽可能提高其整体性及机械强度。为此，在选用绝缘材料时，应选用容易被浸透的材料，线圈端部应加强绑扎、固定，确保端部成为一个整体。采用真空压力浸渍及旋转烘焙工艺，也有利于提高绝缘结构的机械强度。为防止高频电磁振动引起的整个绝缘结构的松散，建议电机的定子端部每槽用绑扎带绑扎，绑扎带可以用BE聚酯纤维绑扎带，也可以用R型柔软夹纱聚酯绑扎带。

3.5.4　井用潜水电机定子绕组的绝缘结构

3.5.4.1　井用充水式潜水电机定子绕组的耐水绝缘结构

井用充水式潜水电机定子绕组一般采用SQYN型漆包铜导体聚乙烯绝缘尼龙护套耐水绕组线、SJYN型绞合铜导体聚乙烯绝缘尼龙护套耐水绕组线、SV型实心铜导体聚氯乙烯绝缘耐水绕组线、SJV型绞合铜导体聚氯乙烯绝缘耐水绕组线、SYJN型实心铜导体交联聚乙烯绝缘尼龙护套耐水绕组线、SJYJN型绞合铜导体交联聚乙烯绝缘尼龙护套耐水绕组线或类似性能的其他型号耐水绝缘导线制成。耐水绝缘导线的结构如图3-17所示。

为了提高可靠性，减少定子绕组的连接头，简化定子绕组的制作工艺，充水式潜水电机的定子绕组常采用整根耐水绝缘导线一相连续绕线来制造多组线圈或直接在定子铁芯上一相线圈连续穿线的制作工艺。

井用充水式潜水电机定子绕组的星形连接点、耐水绝缘导线与引出电缆的连接接头以及引出电缆与动力电缆的连接接头的密封工艺为：一般采用自黏性胶带做主密封和主绝缘层，

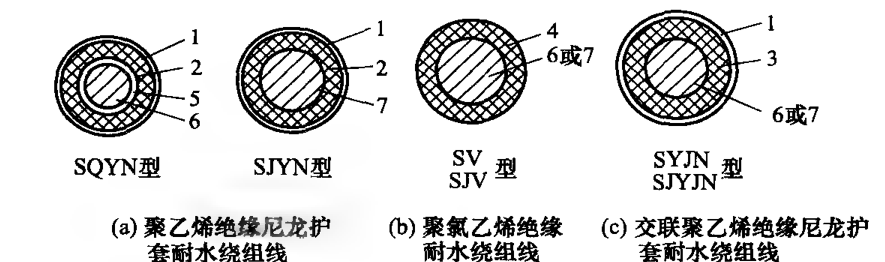


图 3-17　耐水绝缘导线结构

1—尼龙；2 -聚乙烯；3 -交联聚乙烯；4—聚氯乙烯；5—漆层；
6 -铜导体；7　绞合铜导体

外加机械保护层。要求接头密封包扎紧密、密封可靠、耐水绝缘性能良好。

3.5.4.2　井用充油式潜水电机定子绕组的耐油绝缘结构

井用充油式潜水电机定子绕组一般采用加强绝缘的 QYS 型环氧改性聚酰胺酰亚胺和聚酯复合的耐油、水漆包线或耐油性较好的 QQ 型聚乙烯醇缩醛漆包线绕制，槽绝缘和相间绝缘用厚 0.25～0.30mm 的聚酯薄膜聚酯纤维复合箔（DMD 或 DMDM），也可加一层 0.05mm 的聚酯薄膜。采用耐油性较好的 1033 环氧酯漆或 1032 三聚氰胺醇酸漆，真空压力浸漆或沉浸。也可改用 831 环氧快干浸渍树脂或少溶剂无溶剂浸渍漆来提高定子绕组的耐潮性能，缩短浸渍和烘干时间，提高产品质量。

为了防止引出电缆外圆和芯线渗油，除用密封圈将电缆引出部位密封外，引出电缆与导线的内接头用环氧胶密封。引出电缆与动力电缆的接头也牢固连接，严格密封，以保证接头的绝缘电阻，提高运行可靠性。

3.5.4.3　井用干式潜水电机定子绕组的耐水绝缘结构

井用干式潜水电机的定子绕组采用环氧漆包线或聚酯漆包线绕制，槽绝缘和相间绝缘用聚酯薄膜聚酯纤维复合箔（DMD 或 DMDM），浸渍漆采用耐潮性良好的 1033 环氧酯漆，也可采用环氧快干浸渍树脂或少溶剂无溶剂浸渍漆来提高定子绕组的耐潮性能。

对于 F 级绝缘的电机，其定子绕组采用聚酯亚胺漆包线或聚酰胺酰亚胺漆包线绕制，浸渍漆采用相应配套的 F 级聚酯浸渍漆或 F 级环氧浸渍树脂。

引出线与电缆接头的密封也很重要，一般采用环氧树脂浇注或隔离接头来保证接头的密封性能和良好的绝缘性能。

第4章 绕组的嵌线工艺

4.1 常用嵌线工具



手工嵌线工具比较简单，常用的有压线板、划线板、穿针等。凡是与线圈接触的工具，均须圆角、表面光滑，以免损伤电磁线的绝缘。常用嵌线工具如图 4-1 所示。

（1）压线板

压线板（又称压线脚、线压子）如图 4-1（a）所示，是嵌线时用来压紧槽内电磁线的工具，以便槽绝缘封口和打入槽楔。压线板一般是用钢板做成的，其压脚宽度为槽上部宽度减去 0.6～0.7mm 为宜，长度以 30～60mm 较为适宜。

（2）划线板

划线板（又称滑线板、理线板）如图 4-1（b）所示，一般用层压玻璃布板或竹板制成。划线板是用来理顺电磁线使其入槽的工具。嵌线时，可用划线板劈开槽口的绝缘纸，把堆积在槽口的电磁线理齐，并推向槽内两侧，使槽外的电磁线容易入槽。另外可用它把槽内的电磁线理顺，以免交叉。划线板的厚薄应合适，一般要求能划入槽内 2/3 处。

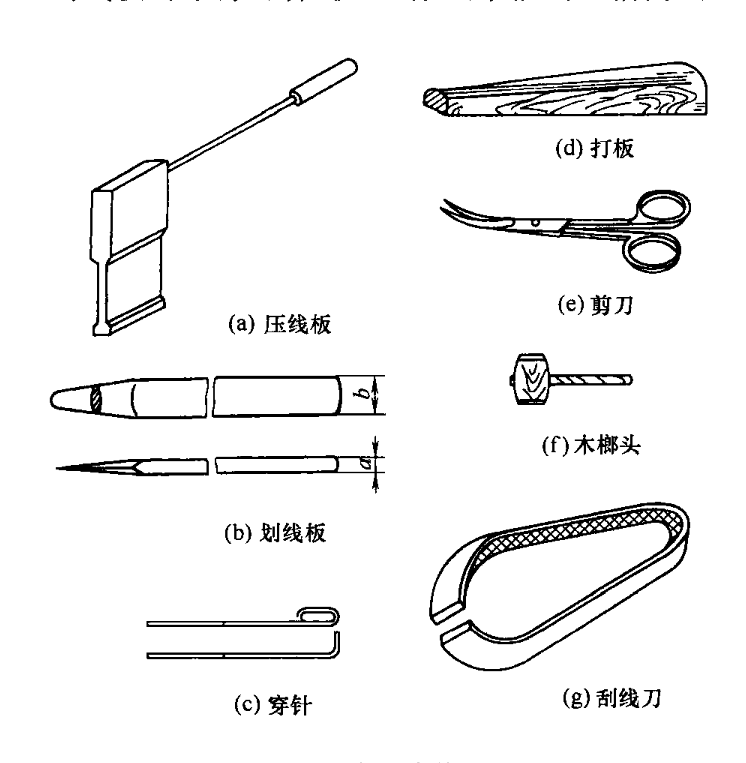


图 4-1 常用嵌线工具

另外还有一些其他工具，如打板是用硬木做的，供整理线圈端部呈喇叭口所用；手术弯头长柄剪刀用于剪去引槽纸及修剪相间绝缘纸；穿针用于封槽时折叠槽绝缘，以便打入槽楔；刮线刀用来刮除电磁线外包绝缘等。

4.2　嵌线的技术要求



绕组嵌线包括把线圈或导体嵌入铁芯槽内，整理和扎紧线圈端部，以及把各个线圈连接成为绕组等工艺过程。

绕组嵌线一般应符合下列技术要求。

① 线圈的节距或跨距、连接方式、引出线与出线孔的相对位置必须正确。嵌入槽内的线圈匝数须准确。

② 绝缘应良好可靠。绝缘材料的质量和结构尺寸须符合规定。在嵌线过程中，槽口的绝缘最易受机械损伤，造成击穿事故。另外，线圈的绝缘易被锐器划伤，造成匝间短路故障。因此嵌线时均应特别注意。

③ 槽绝缘伸出铁芯两端的长度应相等。绕组两端应对称，绕组端部的长度和内径须符合规定。

④ 槽内电磁线及绕组端部电磁线应排列整齐，无严重交叉现象，端部绝缘形状应符合规定。

⑤ 槽楔在槽中应松紧合适，槽楔不能突出槽口，并且伸出铁芯两端的长度应相等。

⑥ 接头应焊接良好，以免产生过热或发生脱焊断裂等事故。

⑦ 嵌线之前，用压缩空气将铁芯吹干净，槽内不应有毛刺及焊渣。嵌线时，应严防铁屑、铜末、焊渣等混入绕组。

4.3　嵌线前的准备工作



（1）仔细检查清理铁芯

铁芯表面和槽内如有凸出之处，须修锉平整，用压缩空气吹净铁屑杂物。清理工作不应在嵌线区进行。

（2）准备好所需工具和材料

常用材料有槽绝缘、端部相间绝缘、层间绝缘、绝缘套管、槽楔和扎带等。

绝缘材料的规格和尺寸应符合要求。某些纤维材料在剪切时，应注意其剪切方向，以获得最好的机械强度。例如，玻璃纤维布应按与纤维成 45°±2°方向剪切，使它用作绝缘时，不易在底部裂开。绝缘材料加工场所应注意清洁干燥。槽楔最好外购，采用引拔槽楔，也可用竹板自制竹楔。首先将竹板截成槽楔所需的长度（等于或略小于槽绝缘纸的长度），用锤子敲打电工刀将竹板劈成竹楔所需尺寸的半成品。然后用右手握住电工刀紧靠在桌边，左手拿住半成品的竹楔沿箭头方向拉，如图 4-2（a）所示。先削出竹楔厚度（注意保留竹皮表面，因这部分质地密实），再削出两侧斜面，使竹楔断面呈半圆形或等腰梯形，如图 4-2（c）所示。为了保证向槽内打入槽楔时顺利，避免刮破绝缘，槽楔的一端应倒角。

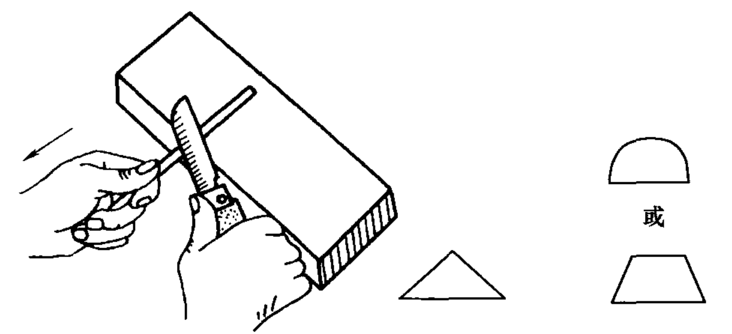
（3）检查线圈

首先核对所用线圈与定子铁芯是否相符。线圈的外观必须符合下列要求。

① 电磁线必须排列整齐，避免交叉混乱。

② 线圈的几何形状和尺寸必须适当。对于新绕制的线圈，必须经过试嵌装，线圈的端部不能太长，也不能太短。

③ 电磁线的绝缘必须良好，不允许有点滴破损，所有拐角部位应做到圆滑无折拐现象。如有破损处，须用相同绝缘等级的绝缘材料修补，以保证绝缘良好。



(a) 削竹楔的方法　(b) 错误的断面形状　(c) 正确的断面形状

图 4-2　削竹楔方法及竹楔断面形状

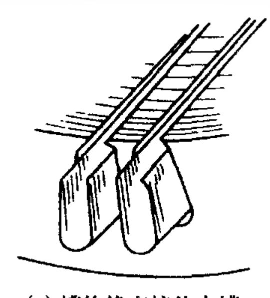
（4）熟悉图纸

应了解电机极数、绕组节距、引线方向、并联支路数、绕组排列、端伸尺寸等，以及其他有关技术要求，以免在嵌线中发生差错。

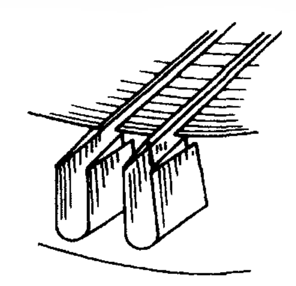
4.4　放置槽绝缘



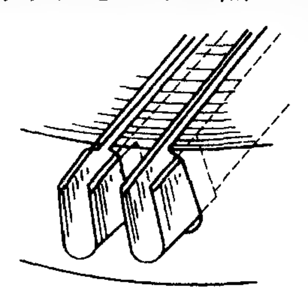
槽绝缘在铁芯槽内的放置如图 4-3 所示。确定槽绝缘尺寸须注意以下几点。



(a) 槽绝缘直接伸出槽口



(b) 槽绝缘反折回来，但未插入槽内



(c) 槽绝缘反折回来，插入槽内

图 4-3　在铁芯槽内放置槽绝缘

（1）槽绝缘两端伸出铁芯的长度

槽绝缘两端伸出铁芯的长度要根据电机容量的大小而定。伸出太短时，绕组对铁芯的安全距离不够，同时端部相间绝缘无法垫好。伸出太长时，相应地要增加线圈直线部分的长度，造成浪费，端盖也容易划伤绕组。常用异步电机槽绝缘两端各伸出铁芯的长度一般为 7.5～15mm 为宜。对于容量较小的电机，不需要加强槽口绝缘的，槽绝缘只按上述要求伸出槽口即可，如图 4-3（a）所示；对于容量较大的电机，为了加强槽口的绝缘及其机械强度，需将槽绝缘两端伸出部分折叠成双层（或只将聚酯薄膜折叠成双层），如图 4-3（b）和（c）所示。

（2）槽绝缘的宽度

槽绝缘的宽度有两种。一种是槽绝缘的宽度大于槽形的周长，即槽绝缘的高度超过气隙槽口，嵌线后将槽绝缘折入槽中，用槽楔压紧，如图 3-14（a）和图 3-15（a）所示；另一种是槽绝缘的高度不高出气隙槽口，嵌线时在槽口两侧垫上引槽纸（又称引线纸），如

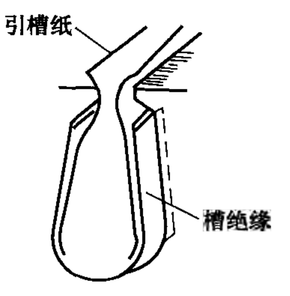


图 4-4　在槽口垫引槽纸

图 4-4 所示。嵌完线后，抽出引槽纸，插入盖槽绝缘（又称垫条），再用槽楔压紧，如图 3-14（b）和图 3-15（b）所示。

4.5　嵌线的一般过程及操作方法



嵌线工作需要耐心细致，有条不紊，精心操作。现以双层绕组为例，介绍其嵌线的一般过程及操作方法。

4.5.1　嵌线的一般过程

嵌线前定子要放在工作台上，引出线孔一般应在右手侧。把裁好的槽绝缘插入槽内，并使槽绝缘均匀伸出铁芯两端。由于嵌线时，经常左右拉动线圈，易使槽绝缘走偏，因此每嵌完一个线圈边，要检查一下槽绝缘在槽中的位置。

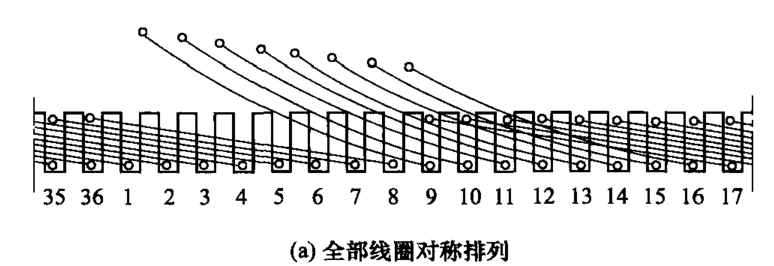
放置好槽绝缘后，将线圈经槽口分散嵌入槽内。嵌线时，槽口须垫引槽纸（或将槽绝缘伸出槽口），以防槽口棱角刮伤电磁线绝缘。虽然软绕组（即散嵌绕组）对电磁线排列无严格要求，但电磁线不能太乱，更不能交叉太多，以免槽内容纳不下和损伤电磁线绝缘。对于槽满率高的电机，尤其要注意将电磁线理得整齐些。

在嵌线过程中，须随时注意将绕组端部整形，两端长度须整齐对称，每嵌完一组线圈，即应压出线圈端部斜边。

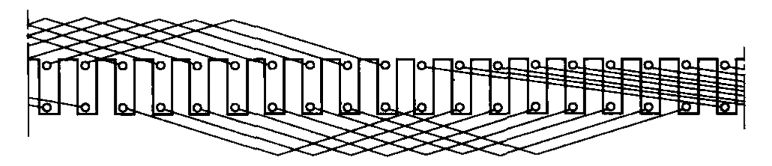
双层绕组槽内层间绝缘须纵向弯成 U 形垫条插入槽内，包住下层线圈边，不允许有电磁线露在层间绝缘上面。当把线圈的上层边嵌入槽内后，将盖槽绝缘插入，或沿槽口用剪刀剪平槽绝缘纸，将槽口的槽绝缘纸褶边复叠入槽，折复槽绝缘须重叠 2mm 以上。再用压线板将其压平，然后打入槽楔，注意不得损伤电磁线和槽内绝缘。

绕组端部相间绝缘必须到位。对于双层绕组，相间绝缘要与层间绝缘交叠；对于单层绕组，相间绝缘要与盖槽绝缘交叠。否则容易引起短路故障。

一般双层绕组，刚开始嵌的几个线圈，只嵌入下层边，而其上层边暂不嵌入槽内（称吊把），待最后一个线圈的下层边嵌入槽内后，再将吊把线圈的上层边嵌入槽内，如图 4-5（a）所示。这样嵌入的绕组端部均匀对称。否则，嵌入的绕组端部不均匀对称，如图 4-5（b）所示，既不便于绕组端部整形，也不利于散热。



(a) 全部线圈对称排列



(b) 一部分线圈全嵌在槽底

图 4-5　双层绕组排列方式

4.5.2 嵌线的操作方法

（1）引线处理

首先把绕好的线圈的引线理直，并套上玻璃漆管。

电机嵌线可采用前进式或后退式嵌线，两种方式无明显的优劣而言，只随各自习惯而定。但通常较多采用后退式嵌线。嵌线时，应使线圈之间的连接线（即过线）的跨度比线圈的节距大一槽，把连接线处理在线圈内侧，不致使连接线拱出在线圈外面，造成绕组端部外圆上的电磁线交叉而不整齐，双层棱形绕组端部排列如图4-6（a）所示。如果线圈之间连接线的跨距比线圈节距少一槽，将使连接线拱在线圈外边，造成绕组端部外圆上的电磁线交叉而不整齐，如图4-6（b）所示。

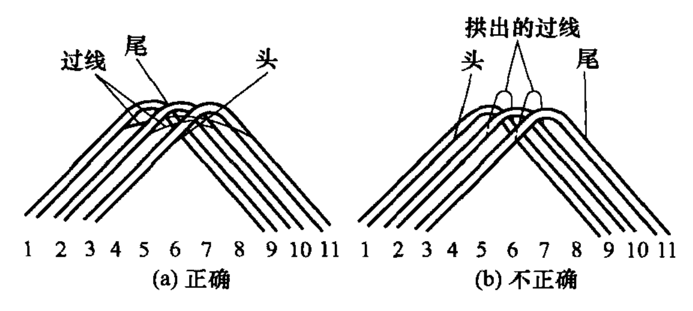


图4-6 双层棱形绕组端部排列图

（2）线圈捏法

先将线圈宽度稍加压缩，对二极电机而言，线圈宽度要比定子铁芯内径稍小一些，然后再用右手拇指和食指捏住线圈的下层边，左手捏住线圈的上层边，乘势将两条边扭一下，使上层边外侧电磁线扭在上面，下层边外侧电磁线扭到下面，如图4-7（a）所示。

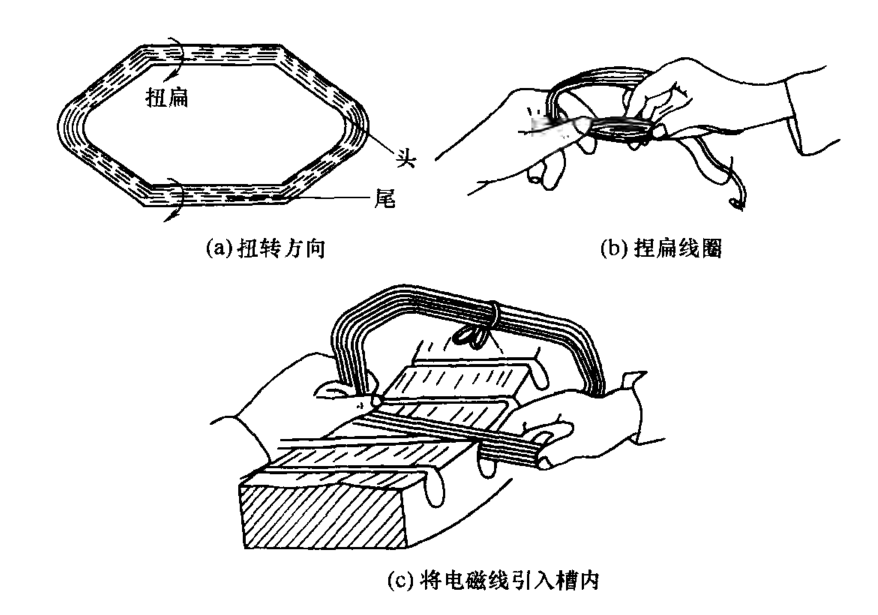


图4-7 嵌线方法示意图

这种捏法是能否将线圈顺利嵌好，使电磁线排列整齐的关键措施之一。因为这样把线圈扭一下，使线圈端部扁而薄，便于第二个线圈的重叠。

如果嵌线时不按上述的捏法操作，则槽上部的电磁线势必拱起来。若按上述的捏法将线圈边扭一下，可使线圈内电磁线变位，线圈端部有了自由伸缩的余地，嵌线、整形就很便

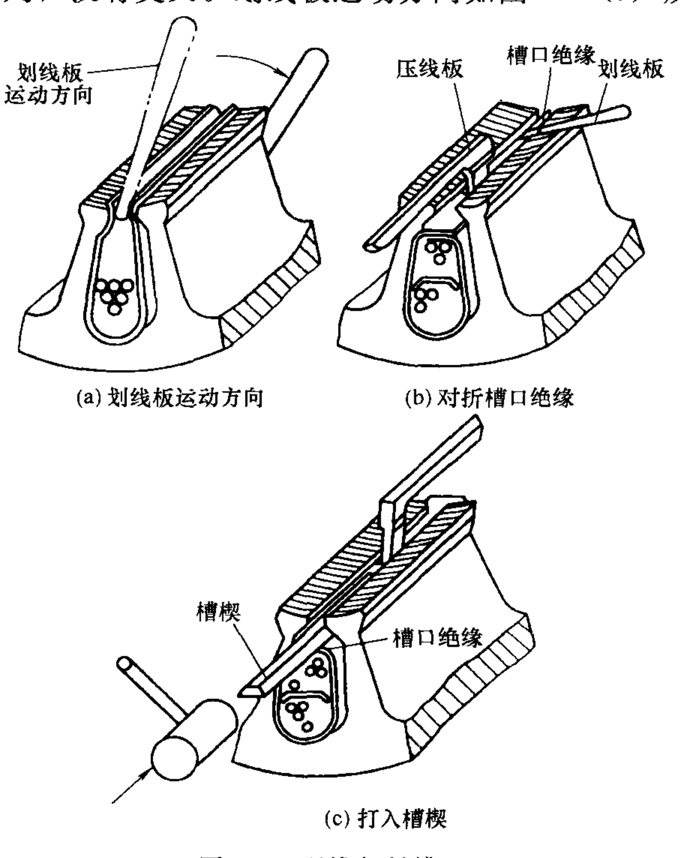
利，易于平整服帖。在扭线圈边的同时，将下层边的前方尽量捏扁，如图 4-7（b）所示，注意将引线放在第一根先嵌。然后，将该线圈边顺手推入槽口，此时左手在定子的另一端接住，尽可能地将下层边一次拉入槽内，如图 4-7（c）所示，少数未曾拉入槽内的电磁线，可用划线板划入槽内。

（3）嵌线顺序

下面以节距 $y=8$ 的双层叠绕组为例，说明嵌线顺序。由于 $y=8$，所以第 1 个线圈的上层边应嵌入 1 号槽，而下层边应嵌入 9 号槽；同理，第 2 个线圈的上层边应嵌入 2 号槽，而下层边应嵌入 10 号槽；以此类推，如图 4-5（a）所示。嵌线时，先分别嵌入前 8 个线圈的下层边，但该 8 个线圈的上层边暂时不能嵌入 1～8 号槽（称吊把或起把），要用绝缘纸将该 8 个上层边垫好，防止被铁芯划伤。由于 9 号槽的下层边已嵌入线圈，所以第 9 个线圈的下层边嵌入 17 号槽后，即可将该线圈的上层边嵌入 9 号槽的上层。从嵌第一个下层边开始，就应将每个线圈的端部按下去一些，便于嵌线。在嵌完每一个线圈的上层边后，尤其在嵌完第一个上层边后，应用手掌将其端部按下去，用木槌把线圈端部打成合适的喇叭口，不得任其小于定子铁芯的内圆，否则将使以后整个定子绕组嵌线困难。待最后一个线圈的下层边嵌入 8 号槽以后，再将前 8 个线圈的上层边依次嵌入 1～8 号槽。

（4）嵌线与理线

嵌线时，将线圈边推至槽口，理直电磁线，一只手的拇指和食指把线圈边捏扁、不断地送入槽内，同时，另一只手用划线板在线圈边两侧交替地划，引导电磁线入槽，当大部分电磁线嵌入槽内后，两掌向里和向下按压线圈端部，将线圈端部压下去一点，而且使线圈张开一些，不让已嵌入槽内的电磁线胀紧在槽口。理线时，应注意先划下面的几根，这样嵌完后，可使电磁线顺序排列，没有交叉。划线板运动方向如图 4-8（a）所示。



(a) 划线板运动方向　(b) 对折槽口绝缘

(c) 打入槽楔

图 4-8　理线与封槽口

（5）电磁线压实

当槽满率较高时，可以用压线板压实，不可猛撬。定子较大时，可用小锤轻敲压线板，应注意绕组端部转角处往往容易凸起，使电磁线下不去，因此应用竹板垫住敲打此处。

（6）放置层间绝缘

在嵌完下层边后，即将层间绝缘弯成 U 形插入槽内，盖住下层边，应注意不能有电磁线露在层间绝缘上面，否则，将造成击穿。层间绝缘须用压线板压实，也可用小锤敲压线板压实。

（7）封槽口

槽内全部线圈嵌完以后，先将电磁线压实，然后将槽盖绝缘插入，或将槽口的槽绝缘对折包住电磁线，折复槽绝缘须重叠 2mm 以上，如图 4-8（b）所示。最后用压线板压实绝缘，从一端打入槽楔，如图 4-8（c）所示，槽楔进槽后松紧要适当，注意不得损伤电磁线和绝缘。

（8）放置相间绝缘

绕组端部相间绝缘必须塞到与槽绝缘相接处，且压住层间绝缘。对于容量较大的电机，其线圈鼻端部分要包扎一下，以增加线圈之间的绝缘和线圈的机械强度。

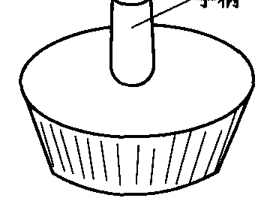


图 4-9　定子端部整形胎

（9）端部整形

线圈嵌完后，应检查相间绝缘是否垫好。有条件时，可用专用的整形胎（可用铝质或木质，形状如图 4-9 所示）压入绕组端部内圆。也可用木槌或垫着竹板将绕组端部打成喇叭口，如图 4-10 所示，并对绕组端部不规则部位进行修整。端部整形后，应重新检查相间绝缘是否错位或有无电磁线损坏。修剪相间绝缘时，应使边缘高出线圈 3～5mm。

（10）端部包扎

除容量较大的电机每个线圈的端部须包扎外，其余可在嵌完线后再进行统一包扎。因为定子绕组虽是静止不转动的，但电机在启动、运行过程中，电磁线将受电磁力振动，故绕组端部必须包扎结实。

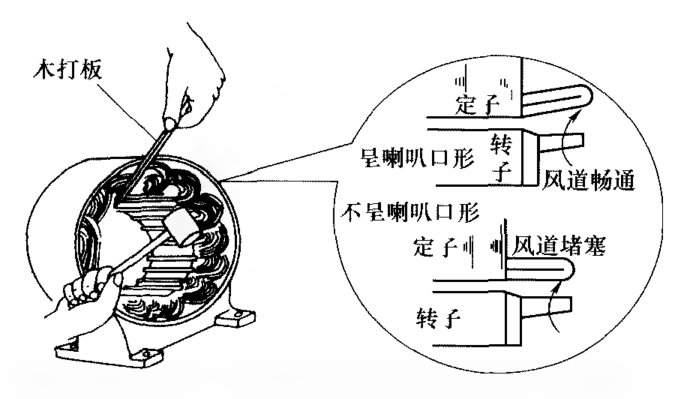


图 4-10　定子端部整形示意图

4.6　单层绕组的嵌线工艺



4.6.1　单层链式绕组的嵌线工艺

小型三相异步电机当每极每相槽数 $q=2$ 时，定子绕组一般采用单层链式绕组。

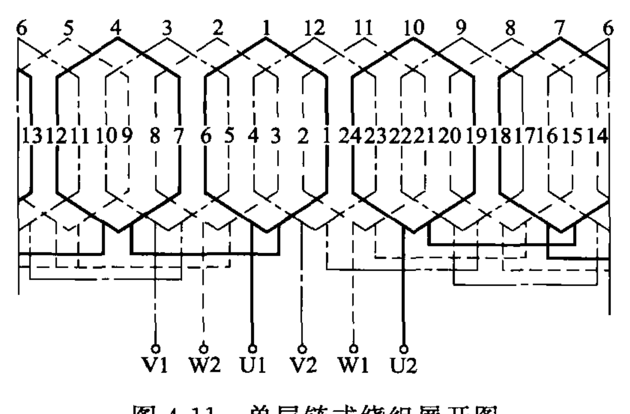


图 4-11　单层链式绕组展开图

($Z_1=24$，$2p=4$，$a=1$)

现以定子槽数 $Z_1=24$、极数 $2p=4$、$q=2$、节距 $y=5$（即 $y=1—6$ 槽）、并联支路数 $a=1$ 的单层链式绕组为例加以说明，图 4-11 是该绕组的展开图。

(1) 工艺要点

① 起把线圈（或称吊把线圈）数等于 q。

② 嵌完一个槽后，空一个槽再嵌另一相线圈的下层边（因它的端边压在下层，故称下层边）。

③ 同一相绕组中各线圈之间的连接线（又称为过桥线）为上层边与上层边相连，或下层边与下层边相连。各相绕组引出线的始端（相头）或末端（相尾）在空间互相间隔 120°电角度。

(2) 嵌线工艺

① 先把第一相的第一个线圈 1 的下层边嵌入槽 6 内，封好槽（整理槽内导线，插入槽楔），暂时还不能把线圈 1 的上层边嵌入槽 1（称为起把或吊把），因为线圈 1 的上层边要压着线圈 11 和线圈 12。所以要等线圈 11 和线圈 12 的下层边嵌入槽 2 和槽 4 之后，才能把线圈 1 的上层边嵌入槽 1。

② 空一个槽（7 号槽）暂时不嵌线，将第二相的第一个线圈 2 的下层边嵌入槽 8 中，封好槽，线圈 2 的上层边暂时不嵌入槽 3 中，因为该绕组的 $q=2$，所以起把线圈有 2 个。

③ 再空一个槽（9 号槽），将第三相的第一个线圈 3 的下层边嵌入槽 10 中，封好槽。因为这时线圈 1 和线圈 2 的下层边已嵌入槽中了，所以线圈 3 的上层边可按 $y=1—6$ 的规定嵌入槽 5 中，封好槽，垫好相间绝缘。

④ 再空一个槽（11 号槽），将第一相的第二个线圈 4 的下层边嵌入槽 12 中，封好槽；然后将它的上层边按 $y=1—6$ 的规定嵌入槽 7 内。这时应注意与本相的第一个线圈的连线，即应上层边与上层边相连或下层边与下层边相连。

⑤ 以后各线圈的嵌线方法都和线圈 3、线圈 4 一样，按空一个槽嵌一个槽的方法，依次后退。轮流将第一、二、三相的线圈嵌完，最后把线圈 1 和线圈 2 的上层边（起把边）嵌入槽 1 和槽 3 中，至此整个绕组就全部嵌完。

4.6.2　单层交叉式绕组的嵌线工艺

小型三相异步电机当 $q=3$ 时，定子绕组一般采用单层交叉式绕组。

现以 $Z_1=36$、$2p=4$、$q=3$、$y=\begin{cases}1—8(\text{一个小线圈})\\1—9(\text{两个大线圈})\end{cases}$ 的单层交叉式绕组为例，说明嵌线工艺。图 4-12 是该绕组的展开图。

(1) 工艺要点

① 起把线圈数为 $q=3$。

② 一、二、三相依次轮流嵌。先嵌双圈，然后空一个槽，嵌单圈，再空两个槽嵌双圈，再空一个槽嵌单圈，再空两个槽嵌双圈……直至全部线圈嵌完，最后落把。

③ 同一相绕组中各线圈之间的连接是上层边与上层边相连，下层边与下层边相连。

(2) 嵌线工艺

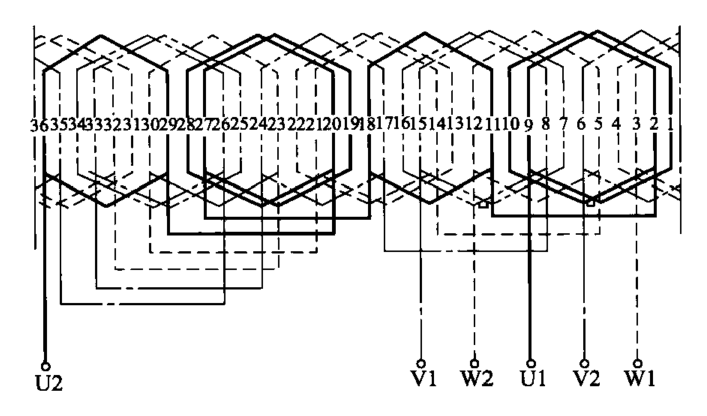


图 4-12　单层交叉式绕组展开图

($Z_1=36$，$2p=4$，$a=1$)

① 先把第一相的两个大线圈（称为双圈）中带有引线的下层边嵌入槽 9，封槽，它的上层边暂时不嵌入槽 1 内（起把）；紧接着将另一个大线圈的下层边嵌入槽 10 内，封槽，上层边暂时也不嵌入槽 2 内（起把）。

② 空一个槽（11 号槽），将第二相的小线圈（称为单圈）的下层边嵌入槽 12，封槽，上层边暂时不嵌入槽 5 内（起把）。

③ 再空两个槽（13 号槽和 14 号槽），将第三相的两个大线圈中的一个带有引出线的下层边嵌入槽 15，封槽，并按大线圈的节距 $y=1-9$（即 $y=8$）把它的上层边嵌入槽 7，封槽，垫好相间绝缘；紧接着将另一个大线圈的下层边和上层边分别嵌入槽 16 和槽 8 内，并封槽。

④ 再空一个槽（17 号槽），将第一相的小线圈的下层边嵌入槽 18，封槽，这时应注意大圈与小圈的连接线，即上层边与上层边相连，下层边与下层边相连，然后按小圈的节距 $y=1-8$（即 $y=7$）把上层边嵌入槽 11 内，封槽，垫好相间绝缘。

⑤ 再空两个槽（19 号槽和 20 号槽），将第二相的两个大线圈中的一个带有引出线的下层边嵌入槽 21 内，封槽，并按节距 $y=1-9$ 的规律把上层边嵌入槽 13 内，封槽，垫好相间绝缘；紧接着将另一个大线圈的下层边和上层边分别嵌入槽 22 和槽 14 内，并封槽。

⑥ 再空一个槽（23 号槽），将第三相的小线圈的下层边和上层边分别嵌入槽 24 和槽 17 内，并封槽，垫好相间绝缘。嵌线时注意本相线圈的连线。

⑦ 再按上述方法，依次把第一、二、三相的线圈嵌入槽内，最后把第一、二相起把线圈的上层边分别嵌入槽 1、槽 2 和槽 5 内，并封槽，垫好相间绝缘。

4.6.3　单层同心式绕组的嵌线工艺

小型三相异步电机当 $q=4$ 时，定子绕组一般采用单层同心式绕组。

现以 $Z_1=24$、$2p=2$、$q=4$、$y=\left\{\begin{matrix}1-12\\2-11\end{matrix}\right.$ 的单层同心式绕组为例，说明嵌线工艺。图 4-13 是该绕组的展开图。

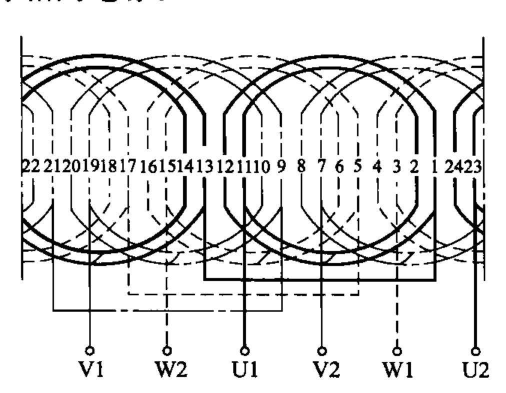


图 4-13　单层同心式绕组展开图

($Z_1=24$，$2p=2$，$a=1$)

(1) 工艺要点

① 起把线圈数为 $q=4$。

② 在同一个线圈组中，嵌线顺序是先嵌小线圈，

再嵌大线圈。

③ 嵌线的顺序是嵌两个槽，空两个槽。

④ 同一相绕组中各线圈组之间的连接，应该是上层边与上层边相连，下层边与下层边相连。

(2) 嵌线工艺

① 先把第一相第一组的小线圈带有引出线的下层边嵌入槽 11 内，封槽，上层边暂不嵌入槽 2 内（起把)。紧接着将大线圈的下层边嵌入槽 12 内，封槽，上层边也暂不嵌入槽 1 内。

② 空两个槽（13 号槽和 14 号槽），把第二相第一组线圈的两个下层边（先小线圈，后大线圈）嵌入槽 15、槽 16 内，封槽，它们的上层边也暂不嵌入槽 6 和槽 5 内。

③ 再空两个槽（17 号槽和 18 号槽），把第三相第一组线圈中的小线圈带有引出线的下层边嵌入槽 19 内，封槽。根据 $y-2$　11，把小线圈的上层边嵌入槽 10 内，封槽；然后再把该组线圈中的大线圈的下层边嵌入槽 20 内，封槽。根据 $y=1$ -12，把大线圈的上层边嵌入槽 9 内，整理好端部，封槽，垫相间绝缘。

④ 按空两个槽，嵌两个槽的方法，依次把其余的线圈嵌完，最后把第一、二相起把线圈的上层边嵌入槽 2、1 和槽 6、5 内。

4.6.4　单层绕组的穿线嵌线工艺

上述三种单层绕组嵌线方法，连线都要事先套好套管，而且较长，连线之间还会出现交叉现象。因此，目前我国许多电机厂采用了单层绕组穿线工艺。在嵌线之前，先把三相绕组按一定的规律穿好，然后把穿好的线圈按次序嵌入槽内。采用穿线、嵌线工艺，连线不需要套套管，还可以节省接线和焊接工时，节省铜线和提高绕组质量。

(1) 36 槽三相四极单层交叉式绕组穿线、嵌线工艺

① 线圈绕制工艺。一相有六个线圈，连续绕成，中间无接头，不经焊接。图 4-14 是绕好的一相线圈，其中 W1 与 W2 是大线圈，跨距为 1～9 槽。W3、W6 是小线圈，跨距为 1～8槽，W4 与 W5 为大线圈，跨距为 1～9 槽。绕后的线圈绕向一致，但绕组连接时应一正一反（即一个是 S 极，一个是 N 极），所以嵌线前还要穿线使各相的大线圈与小线圈的绕向相反。U 相、V 相绕线方法与 W 相相同。

② 将 W1～W5 从 W6 中穿过，再将 W1、W2 从 W3 中穿过。最后整理如图 4-15 所示。U 相、V 相穿线工艺与 W 相完全相同。

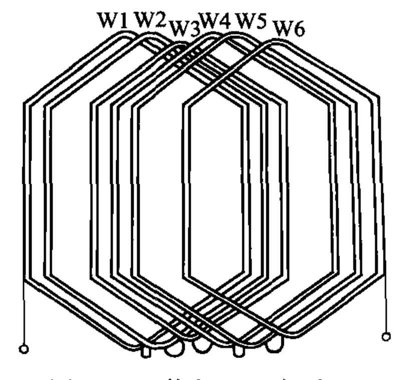


图 4 14　绕好的 -相线圈

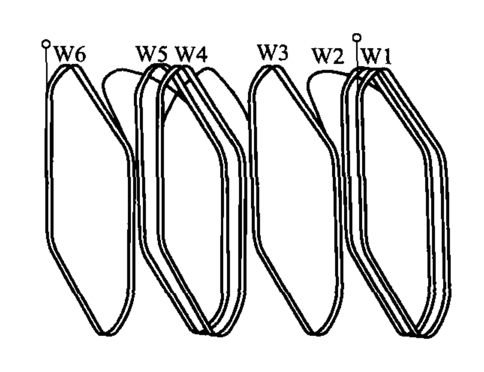


图 4-15　线圈最后整理

③ 先嵌U相。将U1、U2的下层边分别嵌入槽9和槽10内，封槽，如图4-16所示。U1、U2的上层边暂不嵌入槽1和槽2内。

④ 准备嵌W6。嵌之前应将U3～U6一起从W6中穿过。穿好线后，将U3～U6放在W1～W5左侧，空出槽11，将W6的下层边嵌入槽12内，封槽，W6的上层暂不嵌入槽5内。

⑤ 准备嵌V1、V2。嵌入之前，将W1～W5一起从V1、V2中穿过，同时把U3～U6一起从V1、V2中穿过，如图4-17所示。穿好线后，将U3～U6、W1～W5顺序放在V3～V6左侧，空出槽13和槽14，将V1、V2分别嵌入槽15、7，16、8中，封槽，垫相间绝缘。

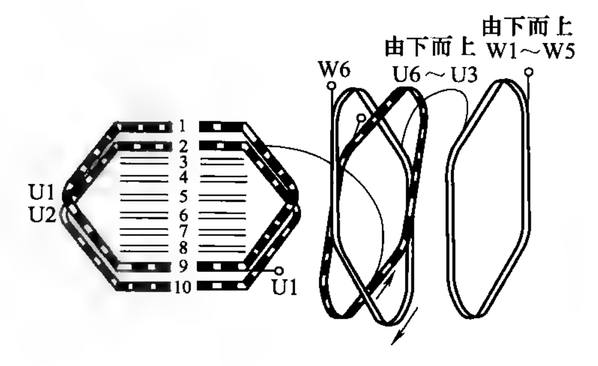


图4-16　先嵌U1、U2

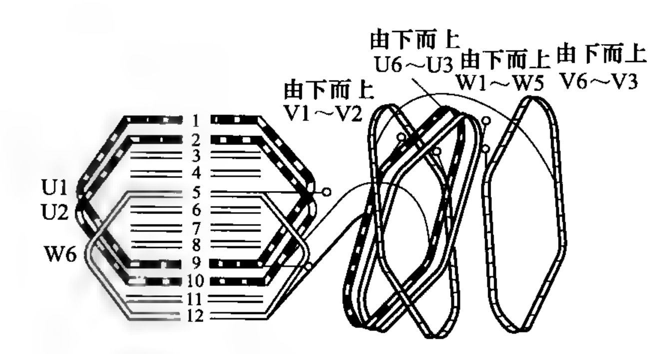


图4-17　将W1～W5、U3～U6从V1、V2中穿过

⑥ 准备嵌U3。嵌之前将W1～W5、V3～V6同时从U3中穿过，如图4-18所示。穿好线后，将W1～W5、V3～V6顺序放在U4～U6左侧，空出槽17，将U3嵌入槽18、11中，封槽，垫相间绝缘。

⑦ 准备嵌W5、W4。嵌之前将V3～V6、U4～U6同时从W5、W4中穿过，如图4-19所示，穿好线后，将V3～V6、U4～U6顺序放在W1～W3的左侧，空出槽19和槽20，将W5、W4分别嵌入槽21、13，22、14中，封槽，垫相间绝缘。

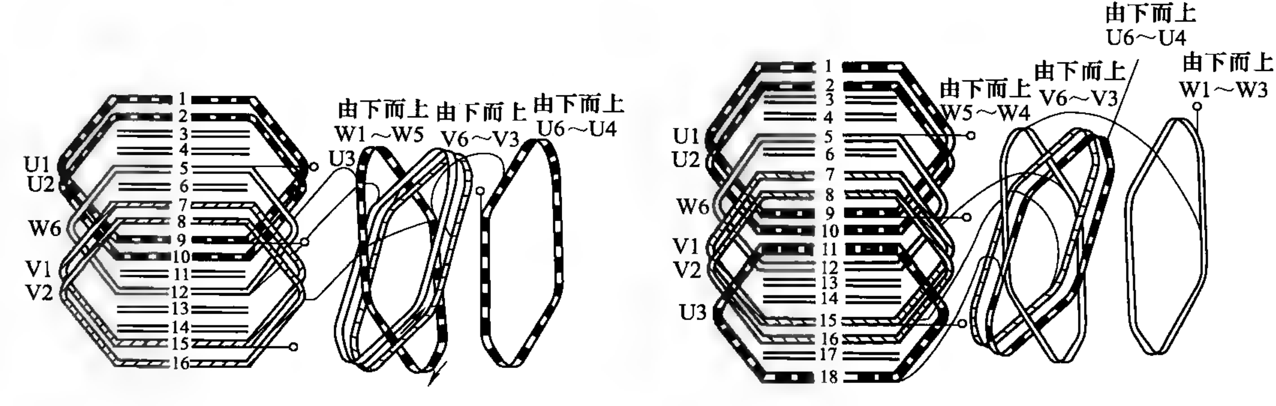


图4-18　将W1～W5、V3～V6从U3中穿过　　图4-19　将V3～V6、U4～U6从W5、W4中穿过

以后按空一个槽，嵌一个小线圈，空两个槽，嵌两个大线圈的规律，依次将三相线圈嵌完。绕组展开图如图4-20所示。

(2) 24槽三相二极单层同心式绕组穿线、嵌线工艺

① 线圈绕制工艺。一相有四个线圈，连续绕成，中间无接头，不经焊接。图4-21是绕好的一相线圈，其中W1与W4是小线圈，跨距为2～11槽，W2与W3是大线圈，跨距为1～12槽。绕后的线圈绕向一致，相邻的一个大线圈与一个小线圈为一个线圈组，但两个线

圈组相连接时应一正一反（即一个是N极，一个是S极），所以嵌线前还要穿线，使各线圈组的绕向相反。U相、V相绕线方法与W相相同。

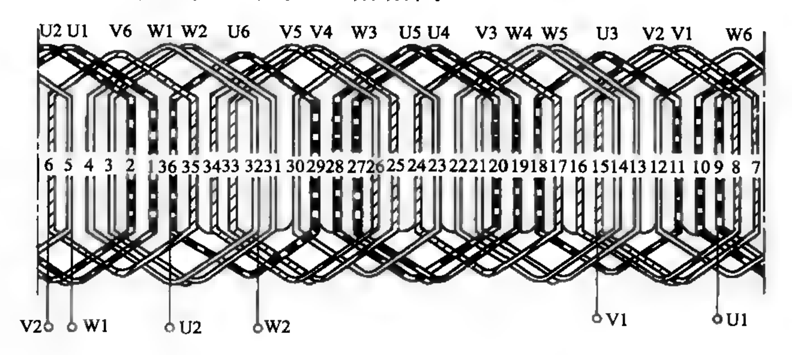


图4-20　36槽三相四极单层交叉式绕组展开图

② 将W1～W3从W4中穿过，如图4-22所示。然后将W4的上、下线圈边翻转180°，仍然放在W3的左侧。

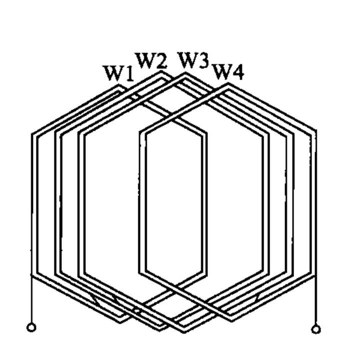


图4-21　绕好的一相线圈

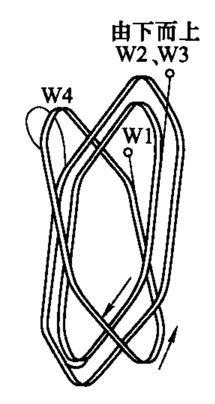


图4-22　将W1～W3从W4中穿过

③ W1、W2从W3中穿过，如图4-23所示。然后将W3的上、下线圈边翻转180°，仍然放在W2的左侧。一相绕组穿线完毕后的线圈位置及连接线的关系如图4-24所示。U相、V相绕组穿线工艺与W相完全相同。

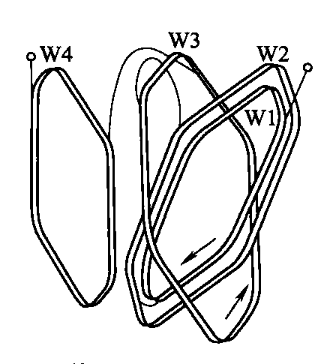


图4-23　将W1、W2从W3中穿过

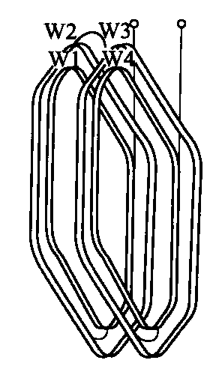


图4-24　穿线完毕后的一相线圈

④ 先嵌U相。将U1、U2的两个下层边分别嵌入槽11、12中（U1有引出线的线圈边先嵌入槽11），封槽。U1、U2的另外两个上层边暂时还不能嵌入槽1、2中。

⑤ 准备嵌线W1、W2。嵌W1、W2之前应将U3、U4从W1、W2中穿过，如图4-25所示。穿好线后，将U3、U4放在W3、W4的左侧，空出槽13、14然后将W1、W2分别嵌入槽15、16中（W1有引出线的线圈边先嵌入槽15），封槽。W1、W2的另外两个上层边暂时还不能嵌入槽5、6中。

⑥ 准备嵌 V1、V2。在嵌 V1、V2 之前，应将 U3、U4、W3、W4 同时从 V1、V2 中穿过，如图 4-26 所示。穿好线后，将 U3、U4、W3、W4 放在 V3、V4 的左侧，空出槽 17、18，然后将 V1、V2 分别嵌入槽 19、10，20、9 中（V1 有引出线的线圈边先嵌入槽 19），封槽，垫相间绝缘。

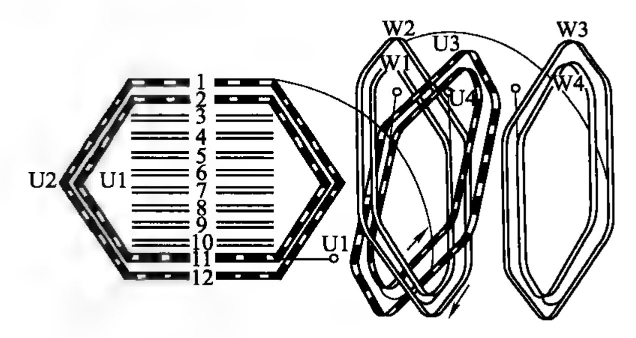


图 4 25 将 U3、U4 从 W1、W2 中穿过

⑦ 准备嵌 U3、U4。在嵌 U3、U4 之前，应将 W3、W4、V3、V4 同时从 U3、U4 中穿过，如图 4-27 所示。穿好线后，将 W3、W4、V3、V4 放在一旁，空出槽 21、22，将 U3、U4 分别嵌入槽 23、14，24、13 中（U4 有引出线的线圈边先嵌入槽 23），封槽，垫相间绝缘。

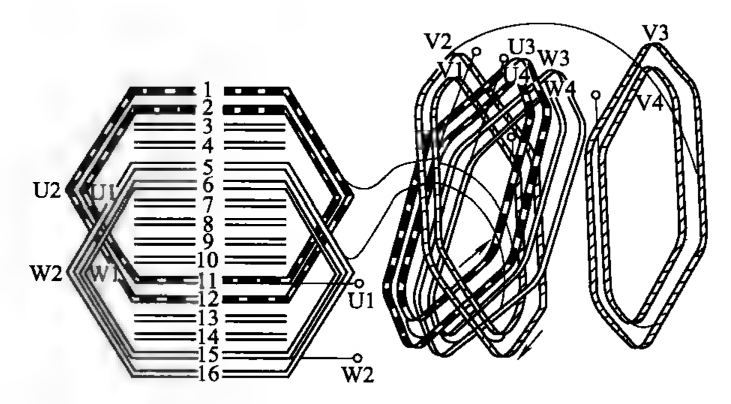


图 4 26 将 U3、U4、W3、W4 从 V1、V2 中穿过

⑧ 准备嵌 W3、W4。在嵌 W3、W4 之前，应将 V3、V4 从 W3、W4 中穿过，如图4-28 所示，穿好线后，将 V3、V4 放在一旁，然后将 W3、W4 分别嵌入槽 3、18，4、17 中（W4 有引出线的线圈边先嵌入槽 3），封槽，垫相间绝缘。

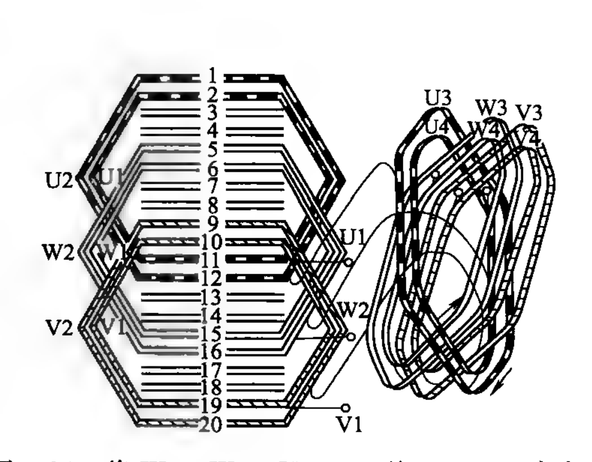


图 4-27 将 W3、W4、V3、V4 从 U3、U4 中穿过

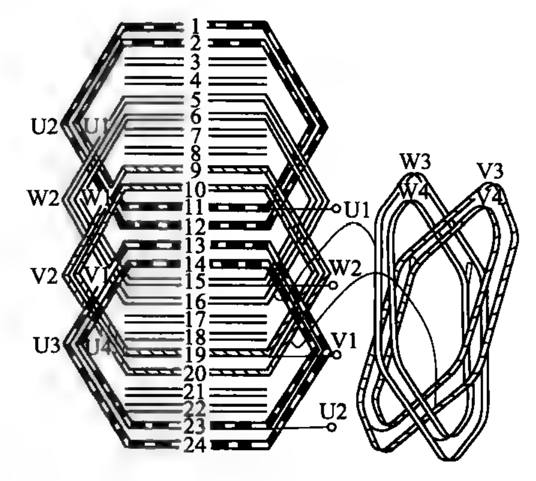


图 4-28 将 V3、V4 从 W3、W4 中穿过

⑨ 将 V3、V4 分别嵌入槽 7、22，8、21 中（V4 有引出线的线圈边先嵌入槽 7），封槽，垫相间绝缘。

⑩ 最后再将 U1、U2 的另外两个线圈边分别嵌入槽 1、2 中，将 W1、W2 的另外两个线圈边分别嵌入槽 5、6 中，封槽，并分别垫入相间绝缘，即得到如图 4-29 所示的 24 槽三

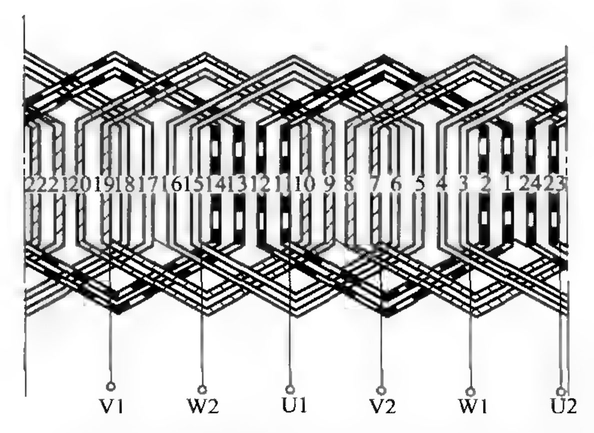


图 4-29　24 槽三相二极单层同心式绕组展开图

相二极单层同心式绕组展开图。

4.7　双层绕组的嵌线工艺



容量较大的中小型异步电机的定子绕组一般采用双层叠绕组。

现以 $Z_1=36$、$2p=4$、$q=3$、$y=8$（即 $y=1—9$ 槽）的双层叠绕组为例，说明嵌线工艺。

双层叠绕组展开图如图 4-30 所示，其嵌线工艺如下。

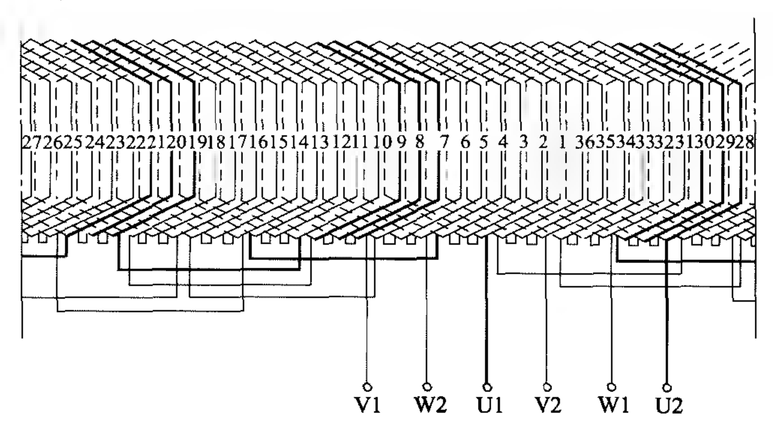


图 4-30　双层叠绕组展开图

（$Z_1=36$，$2p=4$，$a=1$）

① 在开始嵌线时，首先要确定暂时不嵌的起把线圈数，即应有 y 个线圈（本例中有 8 个线圈）的上层边暂时不嵌。只依次嵌入它们的下层边。每个下层边嵌进槽以后，都要在它的上面盖好层间绝缘并压紧。

如本例中首先将第一相的第一个线圈组中的线圈 1、2、3 的下层边依次嵌入槽 9、10、11 内，而这些线圈的上层边，由于压着线圈 29、30、31……36 等 8 个线圈的下层边，所以暂时还不能嵌入相应的槽 1、2、3 中去。同理只能依次将线圈 4、5、6、7、8 的下层边嵌入槽 12、13、14、15、16 的下层，而它们的上层边暂时也不能嵌入相应的槽中。

② 因为开始的起把线圈的数目为 $y=8$，所以从线圈 9 开始，将它的下层边嵌入槽 17 后，接着就可以把它的上层边嵌入槽 9 中，封槽。

③ 依次嵌入其后的各个线圈的下层边与上层边。注意，每个线圈的上层边嵌入后，都要封槽；每个线圈组嵌完后，都要垫相间绝缘。

④ 直到全部线圈的下层边都嵌入定子槽以后，方可把起把的 y 个线圈的上层边依次嵌入相应的槽内，封槽。

⑤ 同一相的各线圈组之间的连接，按反向串联的规律，即上层边与上层边相连，见图 4-30。

4.8　单双层混合绕组的嵌线工艺



现以 $Z_1=36$，$2p=4$，$y=\{\begin{matrix}1-9\\2-8\end{matrix}$的单双层混合绕组为例，说明嵌线工艺。该绕组的展开图，见图 2-16。

（1）工艺要点

① 大线圈的匝数等于每槽导体数，小线圈的匝数等于每槽导体数的二分之一。

② 大线圈节距为 8，是单层；小线圈节距为 6，是双层。

③ 在同一个线圈组中，嵌线的顺序是先嵌小线圈，再嵌大线圈。

④ 嵌线的顺序是嵌两个槽，空一个槽。

⑤ 同一相绕组中，各线圈组之间的连线规律是头接头、尾接尾，即上层边与上层边相连，下层边与下层边相连。

（2）嵌线工艺

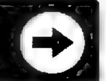
① 先把第一相的第一组线圈（一大一小）中带引线的小线圈的下层边嵌入槽 8 内，盖好层间绝缘并压紧，上层边暂时不嵌，再接着把大线圈的下层边嵌入槽 9 内，封槽，上层边暂时不嵌（即槽 2 和槽 1 暂空）。

② 空一个槽（10 号槽），把第二相的第一组线圈的两个下层边分别嵌入槽 11 和槽 12 内，上层边暂时不嵌，即槽 5 和槽 4 暂空。

③ 再空一个槽（13 号槽），把第三相的第一组线圈中的小线圈的下层边嵌入槽 14 内，盖好层间绝缘并压紧，并按 $y=2—8$ 把上层边嵌入槽 8 内，封槽。再接着把大线圈的下层边嵌入槽 15 内，封槽，并按 $y=1—9$ 把上层边嵌入槽 7 内，封槽，垫相间绝缘。

④ 按空一个槽嵌两个槽的方法，依次把其余的线圈嵌完，最后把第一、二相的起把线圈的上层边分别嵌入槽 1、2、4、5 内，封槽。

4.9　潜水电机绕组的嵌线工艺



4.9.1　耐水绝缘导线定子绕组嵌线注意事项

充水式潜水电机耐水绝缘导线定子绕组嵌线时需特别注意的事项如下。

① 嵌线时应使耐水绝缘导线自然地划入槽中或用划线板轻轻地划入槽中，避免用力碰擦导线或强行嵌入导线，这样很容易损伤甚至损坏耐水绝缘导线。

② 定子绕组端部整形时应避免对耐水绝缘导线用力敲击，更不能用铁制工具直接碰撞导线，端部整形时不得过分用力，以免损伤线圈的耐水绝缘层。

③ 充水式潜水电机嵌线时，一般不宜翻槽（又称吊把），以保护耐水绕组线的绝缘，减少对线圈的损害。但嵌第三相的最后几个线圈时就比较困难。这是充水式潜水电机嵌线与普通电机嵌线的主要区别。

4.9.2　耐水绝缘导线的穿线工艺

（1）定子绕组穿线前的准备

检查定子铁芯，清除毛刺、凸出物及异物，用压缩空气吹净铁芯；塞好槽绝缘，两端应均匀对称；定子两端衬垫好青壳纸（绝缘纸），以防穿线时擦伤耐水绝缘导线表面的塑料层；耐水绝缘导线两端削去 10mm 长的尼龙护套，套上 20～30mm 长的尼龙套管，以防穿线时擦伤槽中其他耐水绝缘导线的绝缘层；按照每槽要穿导线数目在需穿线的两个槽内放好等量的光滑金属棒（导杆）。

（2）定子绕组的穿线

从铁芯槽底开始穿线，先穿小线圈。将套有尼龙护套的耐水绝缘导线始端对准导杆穿进槽内，边穿耐水绝缘导线边抽出导杆，直至全部抽出导杆，耐水绝缘导线全部通过槽内，从另一端穿出。将导线始端穿入另一槽中，并从第一槽中将导线拉出，直至拉到该相导线的中点（穿线前已在中点处做好记号）。然后将耐水绝缘导线始端从第二槽中穿出，并回到第一槽。根据要求留出端部长度并弯成弧形，两端部线圈长度应均匀对称。重复上述过程，使每槽匝数达到规定要求。穿完小线圈后，在要穿大线圈的槽中同样放好导杆，重复上述穿线过程，直至将该半相导线全部穿完为止。

旋转定子，将已穿好的定子线圈转至定子上方，找出该相导线的末端，在已穿好线圈的定子槽对称位置上重复上述穿线工艺过程，直至剩下的半相线圈全部穿完为止。穿线过程中应注意所穿每槽导线圈数应严格按照要求。穿线时可用滑石粉涂敷在耐水绝缘导线表面作为润滑剂，以减少穿线过程中耐水绝缘导线表面相互间的摩擦，从而减少耐水绝缘导线表面的损伤。

继续穿第二相和第三相线圈后，进行端部整形，并塞好槽楔，以防电机立式运行时线圈在槽内松动或下滑。线圈端部整形时，可在线圈表面衬垫塑料薄膜，用橡皮锤定形，不允许用铁制工具直接敲打耐水绝缘导线表面，以防损坏耐水绝缘导线的表面绝缘层，造成定子绕组绝缘电阻下降，影响使用寿命。

导线排列应整齐、美观，线圈端部形状应对称、均匀，长度符合要求，线圈内表面不能突出于铁芯内圈。耐水绝缘导线表面的尼龙护套层或塑料绝缘层不允许擦伤或刺破。导线长度不够时，每相线圈后端部允许有一个接头，但每台电机最好不超过两个接头。

4.9.3　耐水绝缘导线绕入式嵌线工艺

对铁芯较长，嵌线较困难，但又不适宜穿线的定子，可采用绕入式嵌线法进行定子线圈的修理。

定子线圈采用绕入式嵌线工艺时，定子两端各有一个操作者，其中一个为主要操作者，另一为辅助操作者。由主要操作者将一圈导线绕成长椭圆形，从定子内孔中递送给辅助操作者，两人同时将该圈导线两边嵌入需嵌线的两个槽中，留出所需的端部长度，并将端部线圈弯成弧形。重复此操作过程，直至将该两个槽中所需的匝数“绕”满为止，并放好槽楔。采用绕入式嵌线法时，最好先嵌小线圈，再嵌大线圈。嵌完第一相线圈后，继续嵌第二相线圈和第三相线圈。最后进行定子绕组端部的整形和绑扎。

绕入式嵌线工艺与一般嵌线工艺一样，第一组线圈不翻槽（吊把）。其整个嵌线工艺过程与穿线工艺过程相似。嵌线后的整形、绑扎和检查，与一般嵌线工艺和穿线工艺相同。

4.9.4 定子绕组接头的包扎工艺

冷包自黏带密封是目前最常用、也比较可靠的接头密封方法。

(1) 包扎用主要材料

J-20 或 J-21 型丁基自黏性胶带(或性能类似的其他胶黏带),其表面应均匀平整,不应有穿孔、肉眼可见的气孔和未混匀的粉粒。

(2) 连接与包扎前的准备

将定子绕组的引出导线按连接的要求长度截断,接头处剥去塑料绝缘层,将引出电缆按接线需要的长度剥去橡皮绝缘层和保护层,按定子绕组要求的接法进行接线。然后采用锡焊或磷铜焊将导体焊接在一起,要求焊接处导体全部接合,焊接部位光滑平整,没有虚焊或脱焊现象。焊接部位和需包扎的导线与电缆部位应用酒精擦洗干净,不要残存化学焊剂。

(3) 充水式潜水电机定子绕组的接头包扎

接头包扎分为两根耐水绝缘导线对接、多根耐水绝缘导线的连接、耐水绝缘导线与引出电缆的连接和引出电缆与电力电缆间的连接等几种,具体包扎工艺及要求如下。

① 两根耐水绝缘导线对接密封。用自黏性胶带拉紧(拉伸 200%到黑色自黏带发白为止)、拉平,在耐水绝缘导线表面半叠包 5～6 层,单面厚度 2～3mm,包扎长度 150mm。外用聚酯薄膜胶黏带或聚氯乙烯胶黏带半叠包 2 层作机械保护。

② 多根耐水绝缘导线的连接密封(星形连接的中性点)。用自黏性胶带拉紧、拉平后进行包扎。先在各耐水绝缘导线表面半叠包 1～2 层,然后在导线交叉点用自黏性胶带在各导线间轮流绕包 2～3 层;再在各导线表面半叠包 1 层,在交叉点各导线间轮流绕包 1～2 层。如此反复 2～3 次,最后再在各耐水绝缘导线表面半叠包 1 层,每根导线包扎长度 70～90mm,外用聚酯薄膜胶黏带或聚氯乙烯胶黏带半叠包 2 层作机械保护。

③ 耐水绝缘导线与引出电缆的连接密封。耐水绝缘导线与引出电缆内芯间的连接包扎方法基本与耐水绝缘导线间的连接包扎密封方法相同。用丁基胶黏带包扎耐水绝缘导线与电缆内芯完毕后,接着包扎电缆内芯和电缆外表面,将其间的间隙密封起来,防止井水渗入电缆内。包扎方法类似多根耐水绝缘导线间的连接密封。

④ 引出电缆与动力电缆间的连接与密封。先将引出电缆的芯线和动力电缆的芯线分别按两根导线的对接方法进行连接和包扎,然后将三根(或四根)芯线同时用丁基胶黏带包扎起来,最后将两根电缆表面也用丁基胶黏带连续半叠包 3～4 层密封起来,并用聚酯薄膜胶黏带或聚氯乙烯胶黏带半叠包 2 层作机械保护。

耐水绝缘导线与电缆引出线或星形中性点导线连接包扎完毕后,用绑扎带将其绑扎在线圈端部。要求绑扎牢固,排列整齐美观,不允许有松动现象。定子绕组的出线位置应符合规定要求。

要求定子绕组三相电阻不平衡值不超过±5%;浸入室温水 12h 后测得的绝缘电阻值,对聚乙烯绝缘导线应不低于 200MΩ,对聚氯乙烯绝缘导线应不低于 50MΩ。

4.10 三相绕组的连接



绕组连接工作是当嵌线完成后把每个线圈按 q 值和线圈分配规律接成极相组,然后再把

属于同相的极相组进行串联、并联接成相绕组，再将三相绕组接成三角形（△）、星形（Y）等连接，最后将三相6根引出线接在出线盒的接线板上。

从我国主要电机厂的生产工艺来看，单层绕组一般采用一相连绕的工艺（如穿线嵌线工艺所需线圈），这时线圈的连接不经过极相组的连接，直接将三相的相绕组接成三角形（△）、星形（Y）等连接。

通常的接线方式有显极和庶极（或称隐极）两种。

在一个极面下属于同一相的所有线圈串联在一起称为一个极相组。例如在图4-31所示的一台四极电极中，一相有四个极相组，而每一个极相组中有两个线圈。

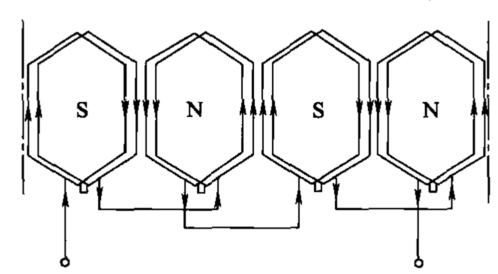


图4-31　四极电机显极接线方式

对于图4-31所示的四极电机，为保证N极和S极互相交替排列，相邻的两个极相组中电流的方向必须相反。例如，在N极下极相组中电流是逆时针方向，则在相邻的S极下极相组中电流就必须为顺时针方向。在连接各极相组时，必须顺着电流方向。一般称每个极相组（或线圈）中左侧的引线为头，右侧的引线为尾。所以从图4-31中可以看出，各极相组之间的连接，必须是头接头、尾接尾，这是绝大多数电机极相组接线的一般规律，称为显极接线方式。

图4-32也是一台四极电机，但是只有两个极相组，在这种情况下，两个极相组中的电流方向必须相同，才能产生四极磁场。如图4-32中所示各极相组中电流的方向都是顺时针的，在顺着电流方向连接极相组时，就必须头接尾、尾接头，这是一般规律之外的特例，称为庶极（或隐极）接线方式。这种接法一般不使用，而在单绕组变极多速电机中会经常遇到。

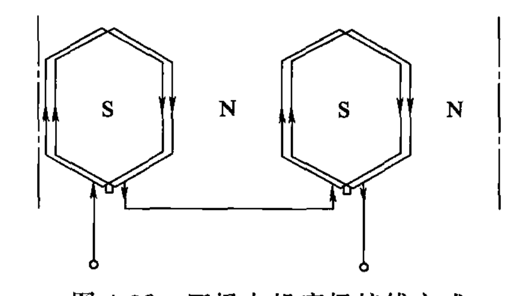


图4-32　四极电机庶极接线方式

为了简便起见，在实际接线中，均绘制接线简图（又称接线圆图）指导接线，下面以图4-31为例，绘制接线简图。

① 因为定子绕组相数$m=3$，电机极数$2p=4$，则$2pm=4\times3=12$，所以在圆周上画12条短线，表示12个极相组，如图4-33所示。

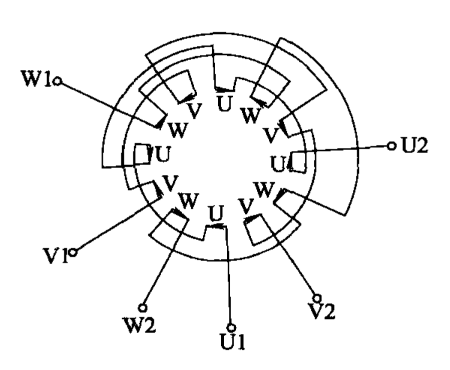


图4-33　三相四极电机接线简图

② 在短线下面标出相序，顺序为U、V、W、U、V、W……

③ 在短线上画出箭头，表示接线的方向，顺序为一正一反，一正一反……

④ 按照箭头所指的方向，把U相接好。一般以顺时针方向看图4-33中的各极相组的两端，先看到的一端称为该极相组的头，后看到的一端称为尾。从图4-33中可以看出，U相的连接规律为头接头、尾接尾。

⑤ 根据U、V、W三相绕组应互差120°电角度的原则，在此例中，$2p=4$，总的电角度为$p\times360°=2\times360°=720°$，极相组数为12，故两相邻极相组间电角度为$720°/12=60°$。则V相首端滞后U相首端两个极相组；W相首端滞后V相首端两个极相组。然后按照U相连接方式，分别将V相和W相接好。

为了得出三相绕组首端互差 120°电角度，可以有各种引出线的位置。如图 4-34 所示的接线简图中，V 相首端滞后 U 相首端 120°电角度，W 相首端超前 U 相首端 120°电角度，这样三相首端仍互差 120°电角度，同样可以产生三相旋转磁场。这种接线方式，6 根引出线靠得较近，引线也较短，可以节省引出线，也便于包扎，故被较多的工厂采用。

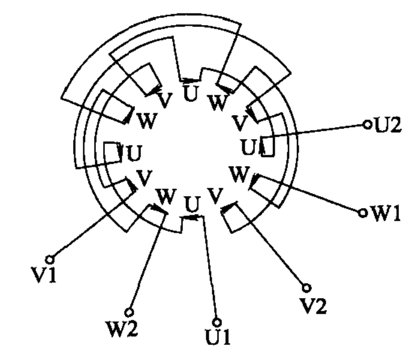


图 4-34　四极电机接线简图

在较大容量的电机中，由于每相绕组通过的电流较大，因此就必须选用较粗的导线，但是导线直径过大会造成嵌线困难，故在双层绕组中，大多采用每相绕组由两个或两个以上的支路进行并联，以减小导线直径。几个支路并联连接的原则如下。

① 各支路均顺着接线简图中的箭头方向连接，并联时使得各支路箭头均是由该相首端到末端。

② 并联后各支路极相组数相等。

这里仍以三相四极电机为例，按照上面所说的原则接成两个支路并联。首先将每相绕组的极相组分别串联为两个支路，再将两个支路并联，其方法有两种，一种是短连接，另一种是长连接。

短连接是每一个支路的所有极相组集中在定子圆周的一半，即把相邻的极相组串联为一条支路，如图 4-35（a）所示。长连接是每一支路的所有极相组分布在整个定子圆周上，即隔极相组串联为一条支路，如图 4-35（b）所示。

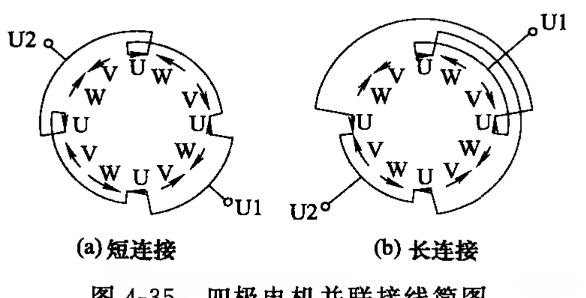


图 4-35　四极电机并联接线简图

上述两种接法效果是相同的，均符合以上原则。这样，每相绕组电流分两条支路流过，每条支路电流仅为相电流的一半，导线截面积也减少一半。

前面是以整数槽三相绕组的连接为例进行介绍的，对于分数槽三相绕组的连接，除每个极相组（即线圈组）所串联的线圈数不同外，其连接方法与整数槽相同。

4.11　单绕组变极多速电机的嵌线工艺与接线方法



4.11.1　单绕组变极多速电机的嵌线工艺

单绕组多速异步电机的定子绕组一般采用双层叠绕组。根据各线圈节距是否相同，又可分为等节距双层叠绕组和不同节距双层叠绕组两类。

关于等节距双层叠绕组，其嵌线工艺与普通三相异步电机双层叠绕组嵌线工艺相同，故本节不再赘述。

下面以 $Z_1=36$，$y_1=6$，$y_2=12$ 的 2/4/8 极单绕组三速异步电机为例，介绍不同节距双层叠绕组嵌线工艺。

图 2-25 是一台 36 槽 2/4/8 极不同节距双层叠绕组展开图。该电机定子绕组共有 12 个

线圈组，其中6个小线圈节距为 $y_1=6$，6个大线圈组节距为 $y_2=12$。大、小线圈组均由3个线圈构成，故取 $q'=3$。

(1) 工艺要点

① 起把线圈数：$y_2-q'=12-3=9$。

② 嵌线顺序：先嵌一个小线圈组，再嵌一个大线圈组，然后再嵌一个小线圈组……即大、小线圈组交替嵌入。直至全部线圈嵌完，最后落把。

(2) 嵌线工艺

① 先嵌由线圈4、5、6构成的小线圈组。将线圈4的下层边嵌入槽10内，在线圈上面盖好层间绝缘，并压紧。根据 $y_1=6$ 可知，线圈4的上层边应嵌入槽4，但是，由于线圈34的下层边还未嵌入槽4内，所以线圈4的上层边暂时不嵌入（起把）。

② 接着依次将线圈5、6的下层边嵌入槽11、12内，在线圈上面盖好层间绝缘，并压紧。同理，线圈5、6的上层边暂时不能嵌入槽5、6内（起把）。

③ 第一个小线圈组嵌入后，再嵌由线圈1、2、3构成的大线圈组。将线圈1的下层边嵌入槽13内，在线圈上面盖好层间绝缘，并压紧。根据 $y_2=12$ 可知，线圈1的上层边应嵌入槽1，但是，由于线圈25的下层边还未嵌入槽1内，所以线圈1的上层边暂时不嵌入（起把）。

④ 接着依次将线圈2、3的下层边嵌入槽14、15内，在线圈的上面盖好层间绝缘，并压紧。同理，线圈2、3的上层边暂时不能嵌入槽2、3内（起把）。再在两个线圈组之间垫上相间绝缘。

⑤ 第一个大线圈组嵌入后，再嵌由线圈10、11、12构成的小线圈组。将线圈10的下层边嵌入槽16内，在线圈上面盖好层间绝缘，并压紧。根据 $y_1=6$ 可知，线圈10的上层边应嵌入槽10的上层。因为刚才已将线圈4的下层边嵌入槽10的下层了，所以，现在可以将线圈10的上层边嵌入槽10内，并封槽。

⑥ 接着依次将线圈11、12的下层边嵌入槽17、18内，在线圈的上面盖好层间绝缘，并压紧。同理，线圈11、12的上层边可以分别嵌入槽11、12内，并封槽，再垫好相间绝缘。

⑦ 小线圈组嵌入后，再嵌由线圈7、8、9构成的大线圈组。将线圈7的下层边嵌入槽19内，在线圈上面盖好层间绝缘，并压紧。根据 $y_2=12$ 可知，线圈7的上层边应嵌入槽7内，但是，由于线圈31的下层边还未嵌入槽7内，所以线圈7的上层边暂时不嵌入（起把）。

⑧ 接着依次将线圈8、9的下层边嵌入槽20、21内，在线圈的上面盖好层间绝缘，并压紧。同理，线圈8、9的上层边暂时不能嵌入槽8、9内（起把）。再在两个线圈组之间垫上相间绝缘。

⑨ 大线圈组嵌入后，再嵌由线圈16、17、18构成的小线圈组。此时，由于起把线圈数已达9个，所以各线圈的下层边和上层边均可同时嵌入相应的槽内。嵌线时应注意：每个线圈应逐个嵌入，先嵌入下层边，在线圈上面盖好层间绝缘，并压紧；然后再嵌入上层边，并封槽。

⑩ 根据大、小线圈组交替嵌入的原则，依次嵌入其后的各个线圈组。嵌线时应注意：每个线圈的下层边嵌入槽内后，要在线圈上面盖好层间绝缘，并压紧；每个线圈的上层边嵌入槽内后都要封槽；每个线圈组嵌完后，都要垫相间绝缘。

⑪ 直到全部线圈的下层边都嵌入定子槽内以后，方可把起把的 9 个线圈的上层边依次嵌入相应的槽内，并封槽。

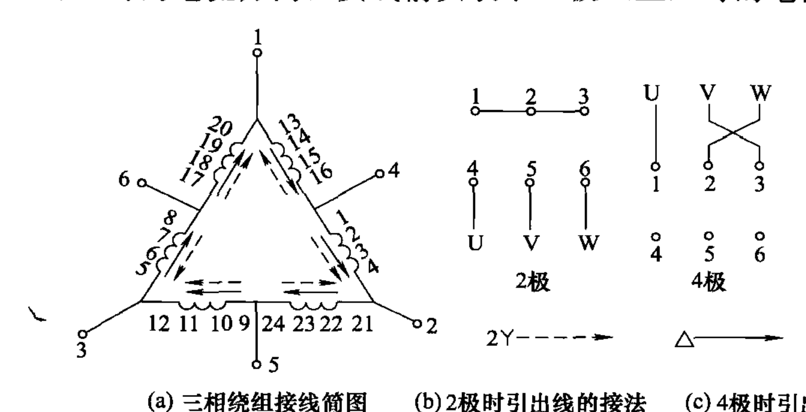
⑫ 各线圈组之间按照图 2-25 连接，最后引出 9 根引线，并分别按照图 2-25 编号。

4.11.2　变极多速电机三相绕组的连接

采用反向变极法变极时，每相绕组分成两半，每半称为"半相绕组"。每相的两个半相绕组可以采用串联或并联（见图 2-17 和图 2-18）两种不同的连接法。这样，三相之间一般可以采用一路星形（Y）、两路星形（2Y）和一路三角形（△）连接。从少极数到多极数一般采用下列几种连接方法：2Y/△，2Y/Y，△/2Y，Y/2Y。其中常用的连接方法是 2Y/△和 2Y/Y两种，引出线头只有 6 根。

（1）单绕组双速电机 2Y/△连接

单绕组双速电机 2Y/△连接，如图 4-36 所示。当定子绕组从两路星形（2Y）连接改接成一路三角形（△）连接时，极对数增加一倍，转速降低一倍。在图 4-36（a）中，虚线箭头表示 2 极（2Y）时的电流方向，实线箭头表示 4 极（△）时的电流方向。



(a) 三相绕组接线简图　(b) 2极时引出线的接法　(c) 4极时引出线的接法

图 4-36　单绕组双速电机 2Y/△连接

采用 2Y/△连接进行变极调速时，三相异步电机的机械特性如图 4-37 所示。由此可见，此种接法比较接近恒功率调速方式，适用于恒功率负载（如金属切削机床等）的调速。

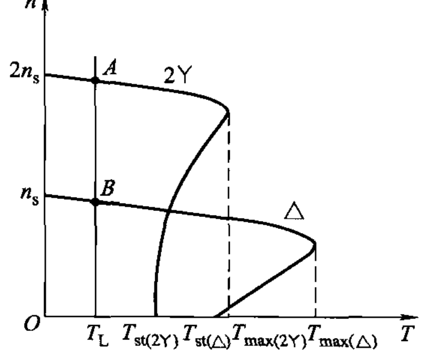


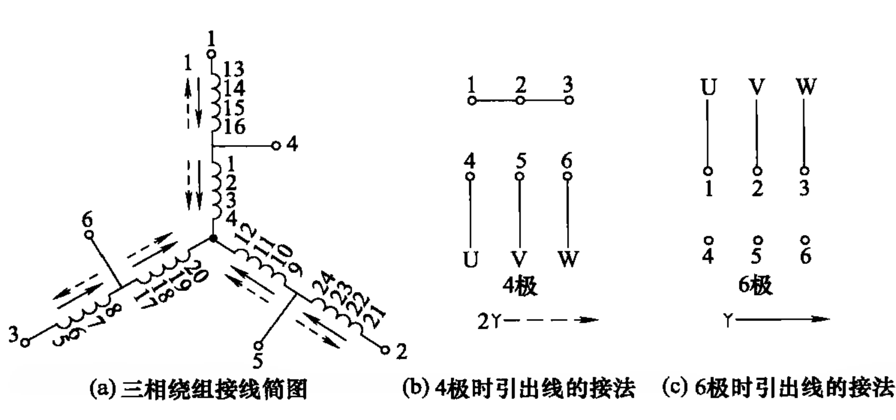
图 4-37　单绕组双速电机 2Y/△连接变极调速时的机械特性

（2）单绕组双速电机 2Y/Y连接

单绕组双速电机 2Y/Y连接，如图 4-38 所示。在 4 极时为两路星形连接（2Y）；在 6 极时改接为一路星形连接（Y）。在图 4-38（a）中，虚线箭头表示 4 极时的电流方向，实线箭头表示 6 极时的电流方向。

采用 2Y/Y连接进行变极调速时，三相异步电机的机械特性如图 4-39 所示。由此可见，此种接法属于恒转矩调速方式，适用于恒转矩负载（如起重机等）的调速。

在倍极比单绕组双速电机中，少数极时的定子绕组通常是 60°相带，三相出线端相互差 120°电角度；当绕组改接成倍数极时，相带宽度倍增成为 120°电角度，三相出线端则彼此相差 240°电角度，也就是说，变速后的相序与变速前的相序相反，所以在变极调速时，为了转向不变，应将接至电机的三根电源线对调其中任意两根，如图 4-36 所示。



(a) 三相绕组接线简图　(b) 4极时引出线的接法　(c) 6极时引出线的接法

图 4-38　单绕组双速电机 2Y/Y连接

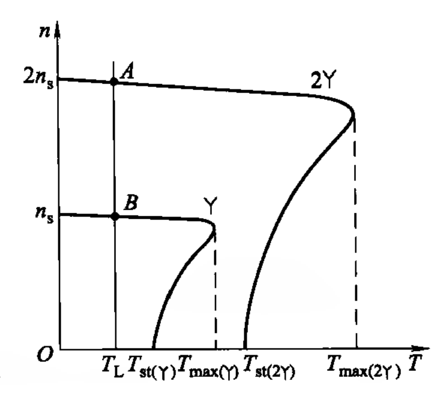


图 4-39　单绕组双速电机 2Y/Y 连接变极调速时的机械特性

4.12　单相串励电机绕入式嵌线工艺



4.12.1　电枢绕组的绕向

绕制电枢绕组的方法很多，有些线圈是顺时针方向绕的，如图 4-40 所示；有的线圈是逆时针方向绕的，如图 4-41 所示；有的线圈从右向左绕制，有的从左向右绕制，有的线圈绕制时头或尾的引线在每个线圈左边的槽口部位，如图 4-42 所示；有的线圈绕制时头或尾的引线在每个线圈右边的槽口部位，如图 4-43 所示；有些电枢绕组的引线在电枢的前端（即换向器的一端，现在一般小型串励电机都采用这种方式）。还有的线圈引线在电枢的后端（轴伸端，现已很少采用），这种线圈的引线如图 4-44 所示，接线时应把这些引线穿过电枢各槽，通到换向器端，再依次与换向器相接。

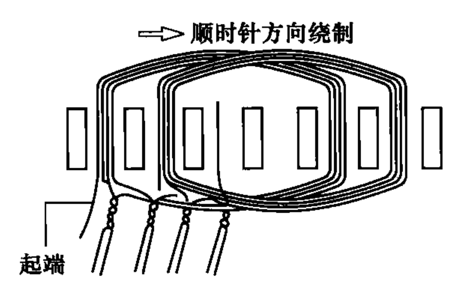


图 4-40　电枢绕组依顺时针方向绕制

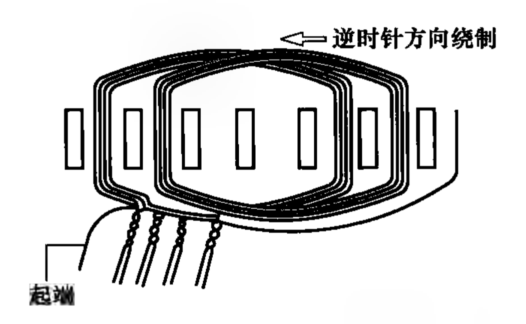


图 4-41　电枢绕组依逆时针方向绕制

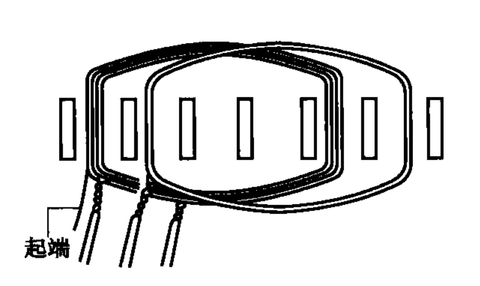


图 4-42　引线在左边的槽口

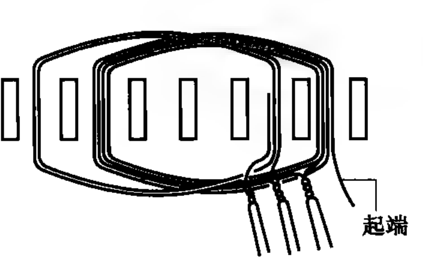


图 4-43　引线在右边的槽口

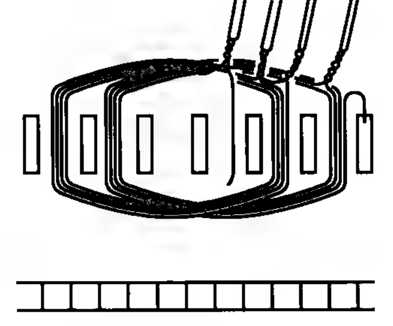


图 4-44　引线在电枢的后端

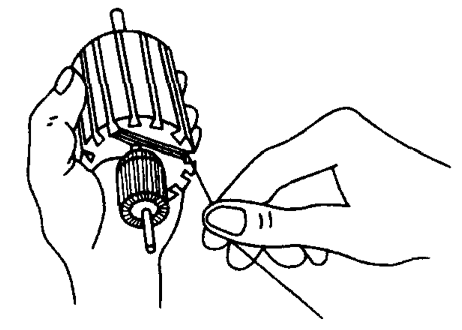
4.12.2 换向片与引线的位置

引线到换向器焊接的位置，因电机旋转情况的不同而不同。顺时针方向旋转的电机，线圈的引线常接于偏右两三片的换向片上。如果是逆时针方向旋转的电机，线圈的引线常接于偏左两三片的换向片上。对于可以正反转的电机，它的引线头直接接在这个线圈所在槽中央所对的换向片上或逆着元件的缠绕方向偏移。

用单相串励电机作动力头的电动工具，其工作部件的转向一般右旋方向转动。因此，可用工作部件的旋转方向来确定电机的旋转方向。若齿轮箱的齿轮数是单数，转子的旋转方向必须与工作部件的旋转方向相反；若齿轮箱的齿轮数是双数，转子的旋转方向则与工作部件的旋转方向相同。

4.12.3 电枢绕组绕制方法与注意事项

电枢绕组的绕线方法，除制造厂外，一般采用手绕法，缠绕时左手握住电枢铁芯，右手拇指与食指捏住导线，如图4-45所示。


图4-45 手绕电枢绕组

采用手绕方法绕制电枢绕组时，应注意以下几点。

① 先将导线的起端留出一段缠在轴上，然后根据记录的绕线方向（先垫好槽绝缘），选择任何一个槽为1号槽，按照记录的绕组节距，绕以所需的匝数，然后将引线扭一个线结。为了使绕组绕制得紧密，在绕线时，右手应将导线拉直并适当用力。

② 如果该电机是一个实槽为三个虚槽，即$u=3$，则应再继续按原槽和绕向缠绕第二个线圈元件，绕完后再扭一个线结。接着再继续按原槽和绕向缠绕第三个线圈元件，绕完后再扭一个线结。然后开始第二槽的三个元件的绕制，并依次进行。

③ 全部元件绕制完后，将最后一个元件的尾和1号槽第一个元件的头扭在一起为止。

④ 在绕制过程中，如果每个槽有多个线结，则应分别做好记号，不然在将引线与换向器焊接时，就容易出现绕组反接的情况。

4.12.4 电枢绕组嵌线工艺

电枢绕组的嵌线一般采用手绕法。绕嵌分为叠绕式及对绕式两种，其工艺步骤如下。

(1) 放置槽绝缘

槽绝缘采用复合聚酯薄膜青壳纸或一层黄蜡布垫加一层青壳纸，绝缘纸高出槽口约8mm，两端伸出槽外约3mm，绕组端部包围的转轴周面上包数层黄蜡绸。因为采用手绕法，故槽绝缘纸应边嵌边放，以便于绕嵌。

(2) 绕嵌方式

① 叠绕式。奇数槽与偶数槽的叠绕方法完全相同，现以9槽9片的电枢为例。线圈节距$y_a=\frac{9-1}{2}=4$，即1—5号槽，具体绕嵌步骤如图4-46所示。

首先在1号槽与5号槽之间绕嵌第一个线圈，再在2号槽与6号槽之间绕嵌第二个线圈，依次绕嵌第三个线圈，这样一个紧接一个绕下去，直到绕嵌完为止。嵌完后，剪去高出

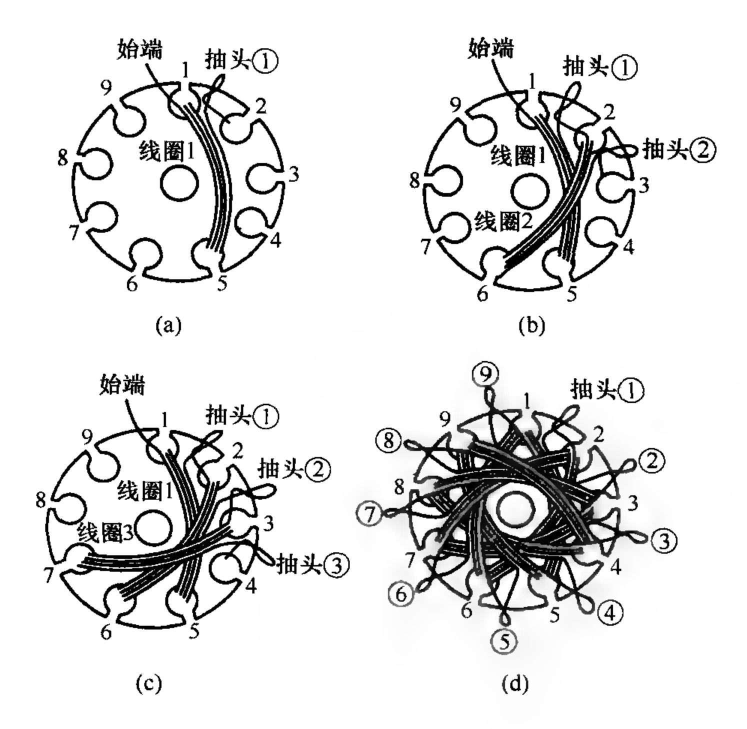


图 4-46　叠绕式绕嵌步骤

铁芯的绝缘纸，余下部分折覆盖住导线，端部用纱带或尼龙线扎牢，将扎线头插入槽内压实后，打入槽楔锁紧。

② V 形对绕式。其特点是依次连绕，即从 1 号槽开始，跨节距绕第一个线圈。绕足匝数后，以该退出槽为起点绕第二个线圈。因第一个线圈与第二个线圈在端面上呈 V 形，故称为 V 形对绕式。仍以 9 槽为例，其绕制步骤如图 4-47 所示。首先在 1 号槽与 5 号槽之间绕嵌第一个线圈，然后在 5 号与 9 号槽之间绕嵌第二个线圈，再在 9 号与 4 号槽之间绕嵌第三个线圈，依次继续绕嵌，直至回到第 1 槽绕组闭合为止。

③ 平行对绕式。当电枢槽数为偶数时，V 形对绕不能构成完整的缠绕循环。为了获得更好的对称性与平衡性，可采用平行对绕法。其特点是每绕嵌一次必须平行对称，节距正确。

现以 10 槽铁芯为例来说明其绕嵌规律，如图 4-48 所示。先在 1 号槽与 5 号槽之间绕嵌第一个线圈，然后平行地在 6 号槽与 10 号槽之间绕嵌第二个线圈，完成一对次绕嵌。再按 V 形对绕法在 10 号槽与 4 号槽之间绕嵌第三个线圈，然后平行地在 5 号槽与 9 号槽之间绕嵌第四个线圈，又完成一对次绕嵌，依次绕嵌完 10 个线圈为止。绕嵌顺序是：1—5、6—10、10—4、5—9、9—3、4—8、8—2、3—7、7—1、2—6。

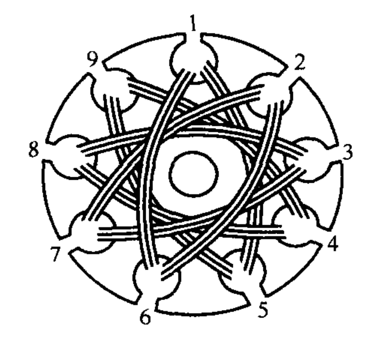


图 4-47　V 形对绕式绕嵌步骤

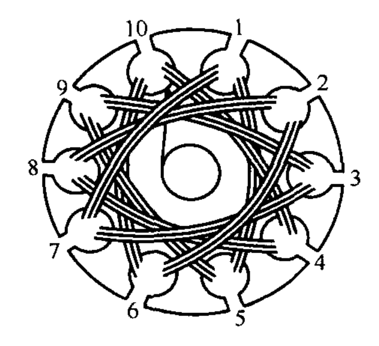


图 4-48　平行对绕式绕嵌步骤

对于换向片数为2或3倍槽数的绕组，其叠绕的方法与上述相似。例如9槽18片电枢，先在1号与5号槽之间绕嵌第一个线圈，绕完所需匝数后，引出一个抽头；再在槽中绕嵌第二个线圈，绕足匝数后同样引出抽头。继而将第三及第四个线圈绕嵌于2号与6号槽中，这样依次绕嵌下去，直到全部线圈嵌完为止。为了区别同一槽中的第一个抽头与第二个抽头，可在抽头上套以不同颜色的套管，或将第二个抽头留长些。

当每槽绕嵌两个或三个线圈边时，可用两根或三根导线并列一次绕出。例如两根并绕时，先把线头放在两片换向片上，绕嵌完所需匝数后，将导线剪断暂时空置。用同样方法绕嵌完各槽线圈后，用万用表检出各线圈的头尾，按次序串联焊接在换向片上，如图4-49所示。

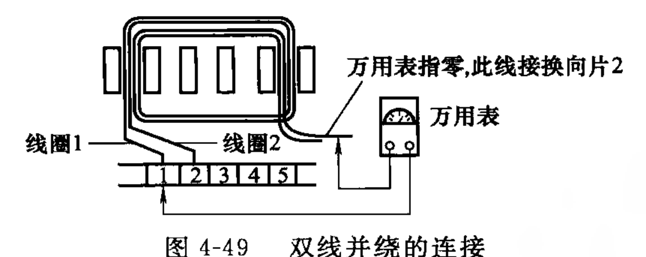


图4-49　双线并绕的连接

叠绕法工艺比较简单，但端部长度不一致，容易导致转子不平衡和各支路电流不均等，产生振动或火花。对绕法绕组端部能均匀分布，不存在质量和电流不平衡问题，但绕嵌工艺比较复杂，易出差错。

4.13　直流电机绕组的嵌线工艺



除了极小型的电枢采用在电枢铁芯上直接缠绕线圈之外，一般的直流电枢绕组都是先绕成线圈再嵌到槽内去。较小容量的直流电机，有的是用圆铜线绕成多匝元件，和交流定子散嵌绕组嵌线方法相同。中大容量的电枢绕组，用扁铜线扁绕成梭形，再经张型工序制成所需形状。

由于直流电枢绕组在嵌好线以后，线圈端头要接到换向片上，这就要求电枢铁芯槽、换向片及线圈出头的相对位置有一定的关系，而不能任意连接。在小型直流电机内为了结构上的简单，电刷固定在端盖上，位置不能调整，这时从槽内出来的线圈端头接到哪一个换向片上就有一定的要求。因为要保证处在电刷下面的换向片所连接的线圈边刚好放在中性区内。对于较大型的直流电机，刷杆装在刷杆座上，位置可移动，中性区可以在试车时再调整，但因线圈多为硬扁铜线制成，端头位置全已固定，如果连接的换向片错位，将造成施工上的不方便。所以在开始下线前要找一下位置，这个工作称为作电枢标记，下面以波绕组为例来说明。

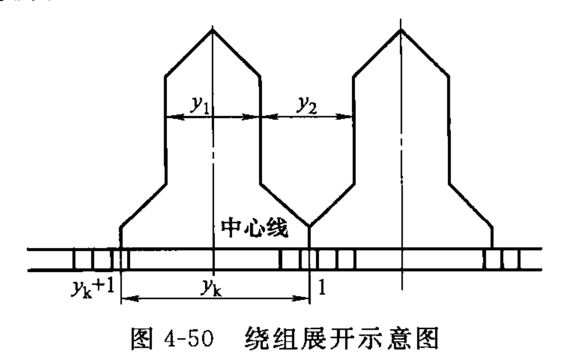


图4-50　绕组展开示意图

图4-50表示一个波绕组的电枢展开图。

图中 y_1 代表前节距（第一节距），y_2 代表后节距（第二节距），y_1、y_2 以元件边数为单位；y_s 代表槽节距，以槽数为单位；y_k 代表换向节距，以换向片数为单位。可见，根据中心线就可以决定两个线圈边所在的槽及其应连接的换向片。

先决定取哪里作中心线。如果槽节距 y_s 为双数，则 $y_s/2$ 为整数，这时中心线应该通过电枢铁芯的槽的中心；如果 y_s 为单数，则 $y_s/2=$ 整数 $+1/2$，这时中心线应该通过电枢铁芯的齿的中心。

对于换向器表面中心线是应该通过换向片中心还是应该通过云母片，可以这样决定，即

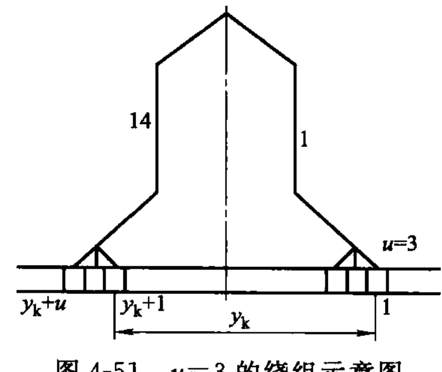


图 4-51　$u=3$ 的绕组示意图

如果 $[(y_k+1)-1]/2=$整数，则中心线通过换向片中心；如果 $[(y_k+1)-1]/2=$整数$+1/2$，则中心线通过云母片。

如果一个线圈边共有 u 个元件，即每个边有 n 个出头，要连接 u 个换向片，则上面两个式子应写成 $(y_k+u-1)/2=$整数（见图 4-51），则中心线通过换向片；$(y_k+u-1)/2=$整数$+1/2$，则中心线通过云母片。

根据已确定的中心线位置，就可决定第一个线圈所在的槽及所连接的换向片了。

【例 4-1】 已知一台 55kW，4 极直流电机，槽数为 50，换向片数为 99，每个线圈由两个元件边组成（$u=2$），槽节距 y_s 为 13（1—14），$y_k=49$（1　50），决定开始下线的槽和所连接的换向片。

解：

① 先决定中心线的位置。由于 $y_s=13$，为单数，故知在电枢铁芯部分中心线应该通过齿中心。又因为 $(y_k+u-1)/2=(49+2-1)/2=25$，为整数，故知中心线在换向器上应通过换向片中心。

② 将一根线绳（或钢板尺）拉直，使其在电枢铁芯部分对准一个齿的中心，在换向器表面对准一个换向片中心，记下这个齿和这个换向片，然后在电枢铁芯上以这个齿为起点（算作 0），向前后各数$\left[(y_s+1)/2=\dfrac{13+1}{2}=7\right]$7 个槽，即定为第 1 和第 14 槽，第一个线圈的两个边就安放在这两个槽内。接下去以找到的换向片为起点（算作 0），向前后各数 25 片，找到的两个换向片即为线圈外面的两个出头应该连接的换向片。把这个结果画出来如图 4-52 所示。

可见，如果以一侧（右侧）为起点，则以右侧的线圈边所在的槽为第一槽，左侧的就是第 14 槽。又如以右侧元件边所连接换向片为第一片，则中心线通过的为第 26 片，左侧元件边的内边头连接第 50 片（$y_k=49$），外边头连接第 51 片。

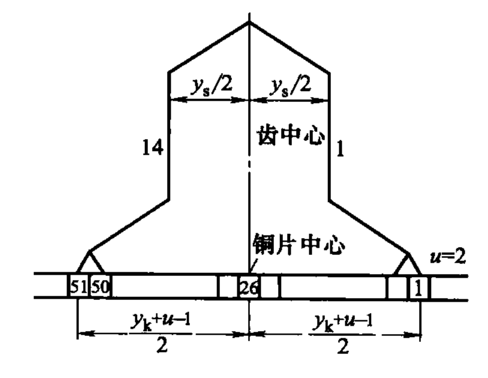


图 4-52　例 4-1 的绕组示意图

③ 第一个线圈放好位置后，接下去把其余线圈按顺序往下排就可以了。

【例 4-2】 已知一台 190kW，4 极直流电机，电枢铁芯为 41 槽，换向片数为 123，每个线圈边有 3 个出头（$u=3$），槽节距 $y_s=10$（1—11），换向节距 $y_k=61$（1—62），决定开始下线的槽和所应连接的换向片。

解：

① 决定中心线的位置。因为 $y_s=10$，为双数，故知中心线应通过槽中心。又因为 $(y_k+u-1)/2=\dfrac{61+3-1}{2}=31\dfrac{1}{2}$，故知中心线在换向器表面应通过云母片。

② 以钢板尺对准电枢铁芯槽中心及换向器的云母片，并作出标记，以该槽为 0，向前后各数 $y_s/2=5$，可以找到两个槽（1、11 号槽）。再以找到的云母片为 0，向前后各数 32，找到的两个换向片（1、64 号换向片）即为所要找的线圈出头外边应该连接的两个换向片（见

图 4-53)。

③ 第一个线圈的位置决定以后，其余各线圈按顺序往下排放。

和前述小型交流电机定子线圈嵌线一样，最初的几个线圈的上层边要等到最后再嵌进去。

电枢绕组嵌线工艺还包括清理线头、焊接及端部绑扎等工序。

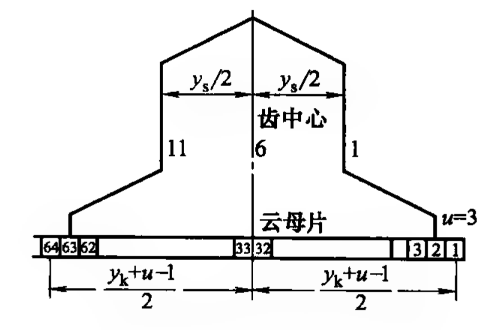
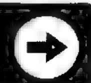


图 4-53　例 4-2 的绕组示意图

第5章 绕组的焊接工艺

5.1 绕组焊接的重要性与特点



我们知道铜和铝是良好的导体，导线连接如果只是将线头互相绞合，固然也能接通线路，但是这样绞合的导线表面，在长时间高温空气中极易氧化。铜和铝的氧化物是不良导体，甚至是绝缘体。由于这个原因，绞合点接触电阻更大，如此恶性循环，使电机不能安全运行，甚至造成烧毁的严重事故。因此，绕组连接处必须加以焊接，并焊接好，才能保证电机绕组长期安全运行。对于大型电机和铝线电机，焊接更是其绕组制造的重要工艺之一。

在电机绕组中，各种焊接头必须具有良好的导电性能、力学性能、抗腐蚀性能、抗老化和冷热交变性能等，以保证焊头质量长期稳定可靠。因此，研究绕组焊接不仅要了解一般焊接知识，还必须了解绕组接头的性能要求和焊接特点。

电机绕组焊接的主要特点是：接头尺寸小，数量多，形式多样，而且大多数接头都是在空间狭窄、邻近绝缘物的条件下进行焊接的。因此，确定焊接方法时，必须在保证质量要求的前提下，尽量选用通用性强、不具腐蚀性、不影响邻近绝缘、经济而简便的焊接方法。

电机绕组焊接方法，一般分为钎焊和熔焊两大类。

钎焊的主要特点是焊料的熔点低于被焊金属的熔点。钎焊焊料通常根据其熔点分类：熔点在260℃以下的，称为低温焊料（亦称软焊料）；熔点在260～380℃的，称为中温焊料；熔点在400℃以上的，称为高温焊料（亦称硬焊料）。采用低温或中温焊料时，称为软钎焊（亦称蜡焊）；采用高温焊料时，称为硬钎焊。在钎焊过程中，接头保持固体状态，焊料呈熔化状态，与接头表层金属相互熔解和扩散而焊合在一起。

熔焊根据金属熔化程度不同，又可分为塑状焊接和熔化焊接。塑状焊接是将接头局部加热到接近熔化温度，然后加压，使接头焊合在一起。熔化焊接是将接头局部加热成液态，使之熔化成一体。

5.2 焊接头的连接形式



关于焊接头的连接，不同的焊接方法，焊接头的连接也不相同，下面主要介绍锡焊焊接前的准备工作及焊接头的连接形式。

5.2.1 焊接前的准备工作

（1）配置套管

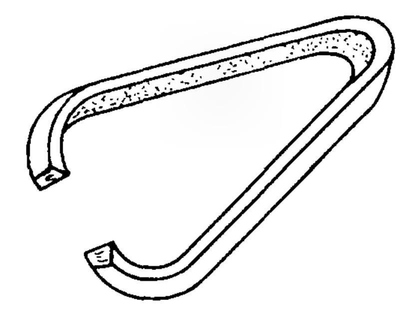
一般线圈引线的套管在绕线时已套上，接线时可根据情况适当修剪一下长短，并串套上长度为40～80mm较粗的套管，如图5-1所示。套管一般用玻璃丝漆套管，注意不要用聚氯乙烯套管，因为电机绕组温度较高，聚氯乙烯套管耐热差，使用在电机中，容易引起短路

事故。

（2）清除焊接头部位的绝缘


图 5-1　焊接头套管

对于漆包线，可用双面刮刀刮净线头上的绝缘漆，也可采用除漆剂，把焊接部位清除干净。采用双面刮刀时，应不断转动方向，使漆包线周围都能刮净。刮刀可用碳钢锯条做成如图 5-2 所示的形状。


图 5-2　双面刮刀

（3）搪锡

为了避免焊接头氧化，造成焊接困难，可对焊接头进行搪锡处理。一般在绕线后即将每个线圈的线头刮净进行搪锡，然后再嵌线、接线。扁线或转子铜排以及换向器等更应如此。

5.2.2　焊接头的连接形式

（1）绞接

对于导线较细的绕组，可采用绞接，即直接把线头绞合在一起。各种线头的绞接，如图 5-3 所示。接头长度可根据导线粗细而定，一般为20～40mm。

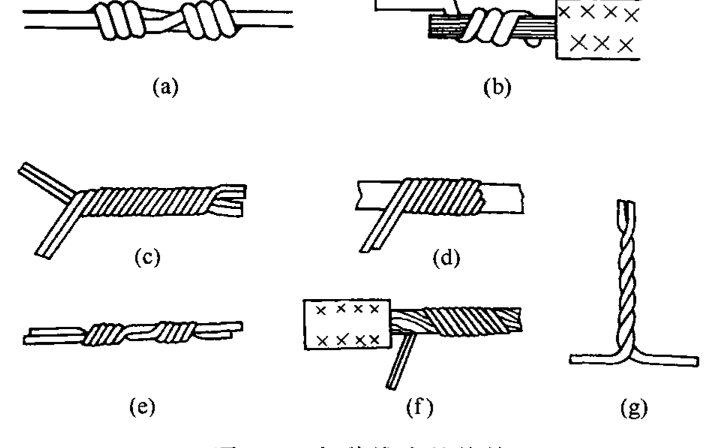


图 5-3　各种线头的绞接

（2）扎线连接

对于导线较粗的绕组，可采用扎线连接。各种线头的扎线连接，如图 5-4 所示。扎线一

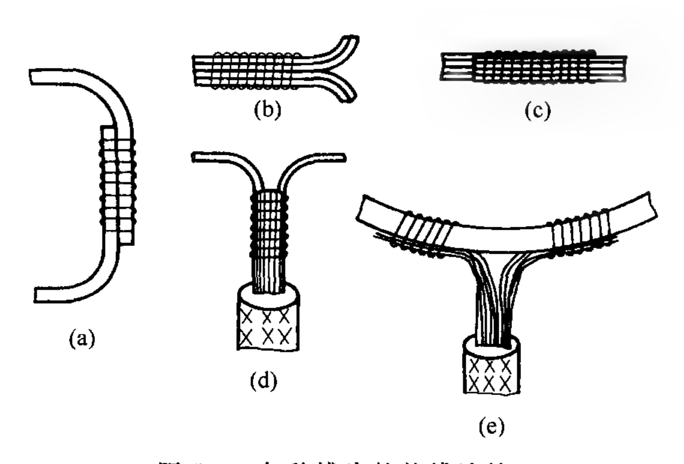


图 5-4　各种线头的扎线连接

般用 0.3～0.8mm 的铜线（去掉绝缘），扎线的粗细和圈数应根据线头的大小和根数而定。线头应扎紧，但不要太密，以便于锡液流入。

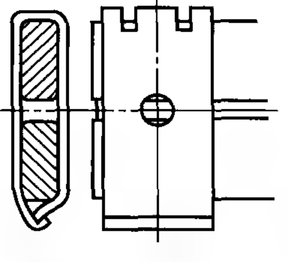


图 5-5　并头套连接

（3）并头套

连接扁线或扁铜排时，一般采用并头套连接，如图 5-5 所示。并头套一般采用 0.5～1.0mm 的薄铜片制成，铜片应刮净、搪锡，并头套的长度应根据扁线的截面大小而定。并头套套上后，要用手钳夹紧，在接头处应留有 1～2mm 的隙缝，以便于锡液流入并头套内部。

5.3　绕组的钎焊



由于铜的可钎焊性较好，铜线绕组一般都是采用钎焊方法。软钎焊加热温度低，操作简便，焊接时对邻近绝缘物影响小，在一般电机中应用更为普遍。硬钎焊的机械强度好，一般只用于耐热性和机械强度要求高的绕组接头，如频繁启动（或逆运转）和高速的转子绕组接头，以及大型电机绕组接头等。硬钎焊的缺点是焊接温度高，容易烧伤邻近绝缘物，线圈发生故障时拆修不便。

5.3.1　钎焊焊料和焊剂的选择

正确选择焊料和焊剂是保证钎焊质量、降低钎焊费用的一个重要因素。

5.3.1.1　焊料的选择

焊料应具有适宜的熔点，良好的润湿性、流动性、抗腐蚀性和导电性，而且要经济易得。

润湿性和流动性是钎焊焊料必备的重要条件。具有良好的润湿性和流动性，焊料才易于渗流到微小的缝隙中去。润滑性与焊料的表面张力系数和比表面能有关，表面张力系数和比表面能越小的焊料，钎焊性越好，焊料的温度升高，表面张力系数下降，可提高润湿性；流动性与焊料的成分有关，共晶焊料的流动性最好，温度升高，也可提高焊料的流动性。锡和铅的表面张力系数和比表面能均较小，所以普遍用做软焊料的主要成分。

选择与被焊金属电化次序相近的元素作为焊料，可获得抗电化腐蚀性较好的焊头。锡、铅与铜的电化次序较相近，所以用锡基焊料钎焊铜，抗电化腐蚀性较好。焊料中含锡量越高，焊料熔化后的流动性越好，所以深而狭的焊缝（如换向片槽）宜采用含锡量高的焊料。

虽然含锡量多少对焊头的机械强度、电阻率和耐腐蚀性影响不大，对焊料熔点也无多大影响，但锡的价格较高，所以一般应尽可能采用含锡量较低的焊料，例如线头搪锡都采用低锡焊料。铜线绕组常用的锡铅焊料见表 5-1。

表 5-1　常用的锡铅焊料

牌号	主要成分(质量分数)/%			熔点/℃	电阻率/Ω·m	抗拉强度/(MN/m²)	应用举例
	Sn	Sb	Pb				
HISnPb50	49～51	≤0.8	其余	210	1.56×10^{-7}	38×10^2	换向器与绕组引出线的焊接
HISnPb58-2	39～41	1.5～2.0	其余	235	1.70×10^{-7}	39×10^2	各种线圈之间的焊接
HISnPb68-2	29～31	1.5～2.0	其余	256	1.82×10^{-8}	33×10^2	线头搪锡

铜线绕组常用的硬焊料为磷铜或银铜。磷铜性脆，不耐振动，不宜用于转子绕组焊接。银铜焊料不仅机械强度比磷铜高，而且导电性、抗腐蚀性也比磷铜好，但价格较高，一般只用于机械强度和电气性能都要求特别高的绕组接头，例如大型同步电机定子和转子绕组、异步电机铜条笼型绕组等。

5.3.1.2 焊剂的选择

钎焊焊剂应能溶解和除去氧化物，使钎焊容易进行；能改善焊料对焊件的润湿性；具有低于焊料的熔点和一定的流动性，容易脱渣。

钎焊焊剂可分为有机焊剂和无机焊剂两种。有机焊剂又称中性焊剂，在铜线绕组钎焊中普遍采用的是松香或松香酒精溶液。它没有腐蚀作用，反而可以形成坚硬的薄膜，保护焊接处不受氧化和腐蚀。

无机焊剂又称酸性焊剂，由卤族元素的盐类制成，如氯化锌、硼砂以及含有氯化锌和氯化铵的焊药膏等。它能有效地清除焊件的氧化物，改善焊料的润湿性和流动性，但由于它对铜和绝缘都有强烈的腐蚀性，在绕组焊接中一般应避免采用。若使用这类焊剂时，焊后必须彻底清除焊剂残余和焊渣。

5.3.2 钎焊工艺

5.3.2.1 钎焊前的准备工作

钎焊前，须将线头待焊部分的绝缘层和氧化膜以及油污清除干净。氧化膜及油污除隔离焊料与焊件金属接触外，还将大大降低焊料的润湿性能。为了使待焊部分不被继续氧化，有时在清理后还须搪锡。

对于线径较细的漆包线头，为节省刮漆膜时间，可用化学脱膜法。化学脱膜法主要有酸性脱膜和碱性脱膜。酸性脱膜用硫酸或甲酸；碱性脱膜法用碱液或熔盐。硫酸脱膜工效高，但操作不便；甲酸脱膜虽简便，但有刺激气味；碱液脱膜成本低，但工效不高；熔盐脱膜迅速但操作不安全。

线头清理后，钎焊前还须扎紧固定。因为软焊料机械强度差，所以扎紧尤为重要。对于导线较细的绕组，一般采用绞接；对于导线较粗的绕组，一般采用扎线连接；对于扁线绕组，一般采用并头套连接。

5.3.2.2 软钎焊工艺设备及操作注意事项

软钎焊常用的有烙铁焊、浇锡焊和浸渍焊。

（1）烙铁焊

常用烙铁有火烧烙铁、电热烙铁、变压器快速烙铁等。使用时应注意烙铁烧热后，在头上接触处一定要先搪锡，烙铁不能烧得过热，以免过热氧化而搪不上锡（俗称“烧死”）。

烙铁的热容量应根据焊头的大小而定，如果用小烙铁焊大件，不但焊不牢，反而由于对线头长时间的加热，会烤焦线头附近的绝缘。

焊接时，先在搪过锡的接头上涂上松香酒精溶液，然后把挂上适量锡液的烙铁放在接头下面（注意如位置许可，烙铁不应放在接头上面），当松香酒精沸腾时，立即将锡焊条涂在烙铁及接头上，必要时可再加一些焊剂，使锡液更易渗入。烙铁离开后，趁热用锡条或蘸松香酒精溶液的毛刷迅速擦去多余的锡。若有凸出的锡刺要设法去掉。

在焊接过程中，要防止烧伤邻近绝缘，避免锡渣落入绕组缝隙内。

对大型转子铜条、换向器的焊接，宜采用热容量较大的烙铁。必要时对换向器先预烘

热。操作时换向器端应放置稍低，防止锡流到绕组缝隙内。有时为了避免换向器表面及里端面焊上锡，可以事先在不需焊的部分涂上墨汁。

（2）浇锡焊

如果焊接线头数量很多，则采用浇锡焊接比较方便，质量比烙铁焊的容易保证。先用铁锅在电炉或煤炭炉上熔化较多的锡，然后用小勺对已准备好的接头浇注，大接头可多浇几次，浇注情形如图5-6所示。

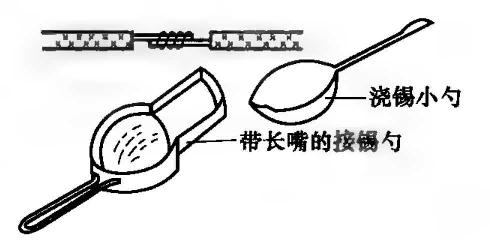


图 5-6　浇锡焊接方法

浇锡时温度不宜过高。估计锡温的经验是当小勺拨去锡面氧化层后，约在 10s 内，锡表面由银白色很快变成金黄色时最好。如果很快变成紫蓝色，说明焊锡温度过高。

为了安全操作，浇锡的勺子要同时放在锡锅内加热，勺子上不得带有水分。

（3）浸渍焊

浸渍焊适用于引线头的搪锡，尤其适用于成批交流电机转子铜条并头套和直流电机换向器的整台浸焊。

对于交流电机定子绕组接线头，用手提式电热浸焊戽较简便，如图 5-7 所示，经变压器通入 36V 的交流电，将锡焊料加热熔化，洒上松香粉末，将接头浸入锡戽内，经短时即可焊好。

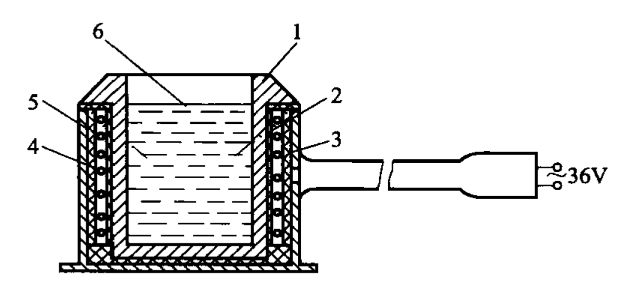


图 5-7　手提式电热浸焊戽示意图

1　锡戽；2—云母板；3—石棉板；4—电热丝；5—外壳；6　锡液

对于交流电机绕线转子，修理焊接转子并头套时，也可采用简易浸焊法，如图 5-8 所示，把转子吊起来立放，用扇形焊锡勺逐渐浸焊。焊完一端，将转子翻 180°，再焊另一端，这种浸焊法比烙铁逐个焊又快又好。

对于直流电机电枢换向器接头，一般可采用锡焊。为提高工效和质量，在制造厂普遍采用浸渍焊。浸渍焊设备如图 5-9 所示，钢板焊槽 1 用电热丝 3 加热，焊料液面由特殊浮子调节，浮子为空心铁杯，由电机 6 通过摩擦轮 7 及减速箱 5 来控制位置。槽壳外面为绝热层 2，座环 14 配合换向器直径，可随不同的换向器而更换，对于直径小的电枢，一次可以安放 3～4 个。

浸焊时，将换向器的待焊部位涂上松香酒精溶液，立放于座环上，用石棉衬垫堵塞漏缝，开动电机使浮子下沉，锡液 12 上升到浸没换向器接头，进行浸焊。锡温保持在 280℃左右，时间随工件大小而定，以使锡液浸透接头片槽内为原则。焊后升起浮子，使液面下降，即可取出电枢。若因温度过高，锡液流失过多，则待接头稍冷后，再生高锡液重浸一次。

对于异步电机铜条转子绕组并头套，亦可利用浸焊槽进行浸焊。用起重设备吊起转子，以控制浸焊高度。

浸焊生产效率高，质量较稳定，对焊料和热能的损失较少，但焊槽体积大，使焊料溶化所需的热能大，如果焊接工件很少，还是不经济的，因此可改用其他工具焊接，例如直流电机电枢可用烙铁焊、铜条转子可用手提式扇形浸焊戽盛锡液，分段进行浸焊。

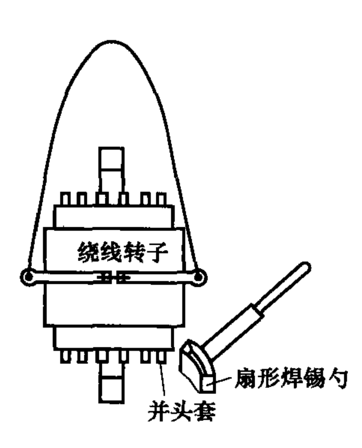


图 5-8　简易浸焊法

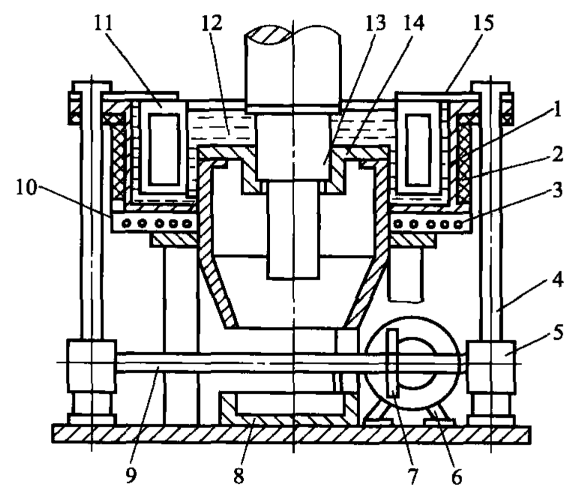


图 5-9　直流电机电枢浸焊槽

1—焊槽；2—绝热层；3—电热丝；4—升降杆；
5—涡轮减速箱；6—电机；7—摩擦轮；
8—盛锡盘；9—轴；10—电热丝盒；
11—浮子；12—锡液；13—石棉衬垫；
14—座环；15—支板

5.3.2.3　硬钎焊工艺设备及操作注意事项

硬焊料熔点高，一般采用电阻焊和气焊加热。为了提高工效和质量，有的制造厂还采用中频焊加热。

(1) 电阻焊

电阻焊是利用线头接触电阻大，当通过大电流时，便在接触处产生高温而使焊料熔化，填充接头缝隙。电阻焊一般采用焊钳或对焊机。

焊钳上装有石墨电极，焊接前先将线头搭接好，用焊钳将搭接处夹紧，接通电源，涂上硼砂焊剂（如用磷铜焊料可不用焊剂），然后放上焊料，待焊料熔化后填满接头缝隙，切断电源即可。为了防止熔融焊料滴落到线圈上，应在接头与线圈之间垫上石棉布。

对焊机主要用于线圈绕制中导线断头的焊接。焊接时，首先按照对焊机使用规范，根据导线截面选择电流大小，调整行程，将待焊线头的绝缘层清理干净，用锉刀锉平接触面，放进对焊机钳头，夹紧并对准中心线，然后操作焊机，使线头接触，通过电流产生高温，放上硼砂焊剂和银铜焊料，使其熔化填充接头缝隙。

(2) 气焊

气焊是利用氧化乙炔火焰，将线头局部加热，使焊料熔化进行焊接。

根据两种气体混合的比例不同，可形成三种气焊火焰，即氧化焰、还原焰和中性焰。一般都采用中性火焰焊接，以保证焊接质量。这种火焰的焰心、内焰和外焰有明显的界限。焰心温度最低约 300℃，距焰心 1～2mm 处温度最高，约达 3200℃，外焰温度约为 1200℃左右。

焊接前，先将接头按规定形式搭接固定好（对接时用夹具固定）。接头处不能含有水分，以免焊接时蒸发使焊缝产生气孔。

为防止温度过高，使金属结晶变粗，影响机械强度，加热时，接头应放在外焰部分，当接头呈樱红色时，在焊接处洒上焊剂，然后放上焊条，让接头的热量传给焊条，令其自然熔化，填充焊缝，不能用火焰直接烧焊条，以免焊件温度不够时焊条即熔化，形成假焊。

5.4　绕组的熔化焊接 

熔化焊接是不用焊料，直接将被焊接头加热熔成一体。熔化焊接的困难是必须保护邻近绝缘物不受高温烧伤。对于过载大的直流电机电枢绕组，锡焊的换向器接头，其焊料经常被熔化而甩出，为此有的制造厂采用了熔化焊接，为了使换向片不受高温而退火，常选用加热速度快、通电时间短、热影响区域小的点焊和氩弧焊。

5.4.1　点焊

点焊是利用带铜钼电极的点焊设备，严格控制焊接参数（时间、电流、电压、压力和工作面情况），在短时间内将绕组引出线头焊入换向片槽内，如图 5-10 所示。由于压力是从外面加到电极上，而热是从内部加在接头上，因此，焊渣会在接头内流动，并大部分经过缝隙被挤出到接头外面，与此同时，在有效地防止出现氧化物的情况下，铜线头紧密地与换向片连接在一起。

5.4.2　氩弧焊

氩弧焊是在氩气保护下的一种电弧焊。电极用钨或钍钨制成，采用直流电源。直流电机电枢绕组氩弧焊示意图，如图 5-11 所示。氩气从喷嘴中喷出而形成层流，在整个焊接过程中，氩气包围着电极和熔池，保护已熔化的金属不受氧化，并使热量非常集中，以保护邻近绝缘物不受高温烧伤。为了防止换向器温度过高，用空心铜环箍紧在换向器上，空心环内用水循环冷却。

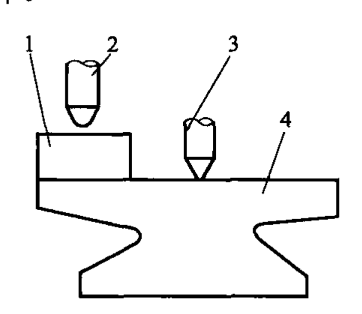


图 5-10　直流电机电枢绕组点焊示意图
1—绕组引出线头；2—正电极；
3—负电极；4—换向片

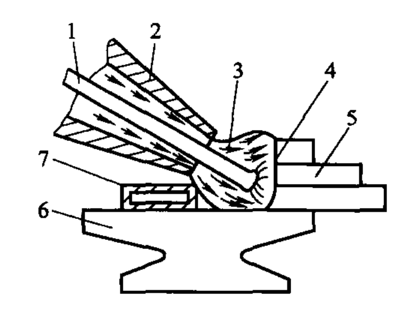
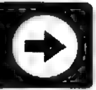


图 5-11　直流电机电枢绕组氩弧焊示意图
1—电极；2—喷嘴；3—氩气层流；4—电弧；
5—绕组引出线头；6—换向片；7—水冷环套

焊接时应注意，不要一片挨一片地连续焊，而是每隔几片焊接一次，经过几个循环而将所有换向片接头都焊好。实践证明：如果操作正确，换向片的硬度不会降低，云母片不会发生烧伤的痕迹。由于焊头牢固可靠，不受过载影响，氩弧焊在汽车、拖拉机的电机中应用得较成功。

5.5　直流电机电枢绕组端部的绑扎工艺 

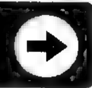
焊好的电枢要进行端部绑扎。

电枢绕组端部绑扎方法有扎钢丝和扎无纬带两种方法，过去均用扎钢丝法。采用无纬带

代替钢丝，可节省无磁性钢丝及钢丝下的绝缘制品，绑扎工艺简单，生产效率高，电枢端部绝缘强度好，牢固可靠，减少了电枢的发热和损耗。

电枢绑扎无纬带之前，最好用钢丝临时绑扎，或用特制钢箍箍紧，使线圈径向收缩紧贴线圈支架，外形圆整。然后将电枢放到恒温箱中预热到 80～100℃，目的是使无纬带绑到电枢绕组上就能粘合。绑扎所用设备一般是用车床改装的。在走刀架上装无纬带拉紧装置，电枢装在设备主轴和尾座之间，以比较低的转速旋转。无纬带由拉紧装置拉紧，拉紧力为 4.90MN/m^2，以半叠绕或半叠绕和平绕相结合的方式绑在图纸规定的位置，绕到规定的圈数以后，将带子剪断，把末端用力粘在最外一层无纬带上。此时，无纬带所含树脂并未固化，无纬带还是柔软的，必须尽快进行固化处理。一般是在电枢绕组浸漆烘干的同时，使无纬带固化成为玻璃钢环。无纬带经固化处理后应成为坚固的整体，表面光滑平整，不高出电枢铁芯外圆。为检查固化质量，可以在铁芯表面绑扎一个检查环，固化后剖开以检查固化质量。在电枢绕组绑无纬带以前绑扎的钢丝或钢箍，应在无纬带固化以后拆除。

5.6 单相串励电机电枢绕组与换向片的焊接



5.6.1 电枢绕组与换向片的焊接工艺

(1) 电枢绕组引线与换向片焊接的位置

绕组引出线与换向片的正确焊接是修理电枢绕组难度较大的工作。搞清绕组、换向片、电刷及磁场之间的相互关系，找出其规律性，是正确焊接的基础，其中重要的一点是被电刷短路的线圈的两个边要处于磁场中性线附近。但是，电机工作时，由于电枢反应的作用，磁场中性线不再与几何中性线重合，而是反向偏移一个小的角度。所以，对大多数刷握固定的电枢绕组，就不能把线头直接焊在与线槽对准的换向片上，而要沿旋转方向后移 1～2 片换向片。也有少数电机把线头焊在与线槽对正的换向片上，这是由于设计时已作了考虑或者刷握可以移动。

焊接线头与换向片用溶解于酒精中的松香作焊剂，焊好后测量绝缘电阻及片间电阻，然后进行浸漆与烘干。试机时如有火花，将各抽头向左或向右移过一片换向片便可消除。

(2) 焊接工艺

引线处理完毕后，应检查各线圈是否有短路、断路等故障。然后在线圈端部与换向器之间的空间用玻璃丝带或其他绝缘材料填满，外包一个玻璃丝漆布带的锥形套，以便使引线与绕组的端部隔开，将每根引线套以适当长度的绝缘管（注意绕线时所做的记号，可用不同颜色的套管加以区别），并将焊接处的引线的绝缘漆刮除干净，以便焊接。

引线的绝缘漆刮除干净后，先将引线搪上一层锡，同时在换向器的线槽内也涂以焊剂（一般不用酸性焊剂），然后用划线板将引线压入换向器的接线槽内，将烙铁头尖端放置在换向器上，如图 5-12 所示，待换向器上焊接处全部发热，焊剂起泡表示热度已够，将焊锡及烙铁移去。在烙铁移去以前，务必使焊锡流入换向器

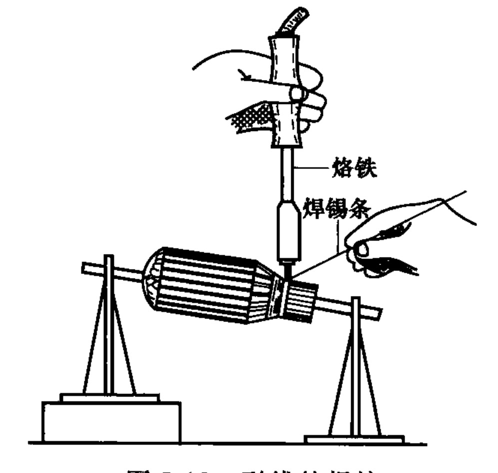
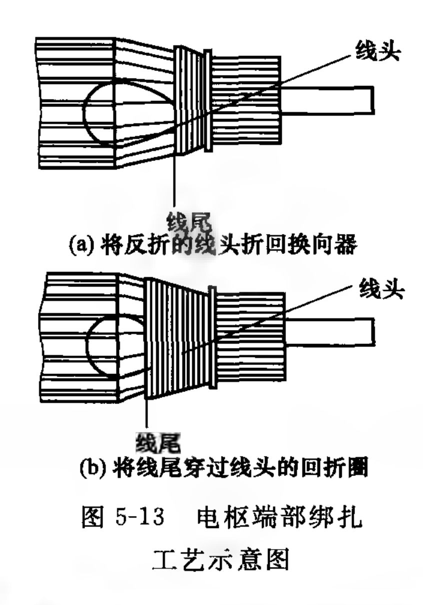


图 5-12 引线的焊接

的接线槽内，让焊锡完全流满引线周围。

焊接时，应把换向器端放置的低一些，以防止焊锡流入线圈内部，全部焊接完后，用刀割去接线槽外伸出的多余的线头，最后将换向器片间的焊锡清除干净。

5.6.2　电枢绕组端部的绑扎



(a) 将反折的线头折回换向器
(b) 将线尾穿过线头的回折圈
图 5-13　电枢端部绑扎工艺示意图

为了防止换向片上焊接的线头在高速运转时受离心力作用而松开，需在绕组端部用蜡线进行绑扎。先将厚 0.2mm 的玻璃丝漆布或黄蜡绸剪成扇形包封片，用其将端部线头包好并用蜡线临时扎住。绑扎工艺如图 5-13 所示。起端线头留出约 150mm 并垂直反折铁芯侧，从靠换向器处扎起，绑一圈压住反折的线头继续绑扎，约绕到总圈数的 1/3 时，将反折的线头折回换向器，回折圈在铁芯上，如图 5-13（a）所示。压住折回的线头继续绑扎，一直扎满到紧靠铁芯时，留出 60mm 左右后剪断线尾，并将线尾穿过线头的回折圈，如图 5-13（b）所示。然后用力拉线头，当回折圈套紧线尾时，将线尾剪去 40mm，再拉线头，把线尾拉入扎线下面，多余的剪去，绑扎完成。

5.7　绕组焊接质量的检查

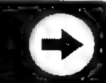


绕组焊接质量除观察表面外，对于大型电机定子绕组，一般采用双臂电桥测量三相电阻，求出三相电阻的平均值，最大值与平均值之差不应超过平均值得 2%（为准确起见，亦可分别测量各分支路的电阻值）。此外，还有通电发热试验法和 γ 射线透视法，这两种方法便于查出焊接不良的部位，但较麻烦，较少采用。

对于直流电机电枢绕组，一般采用测量换向器片间电压的方法检查，换向片间的最大、最小电压值与平均压降值之差不应超过±5%。

第6章 绕组的绝缘处理

6.1 绕组绝缘处理的目的与类型



电机的绝缘材料是由各种纤维制成的，它们的绝缘性能虽然比较好，但纤维会吸附水分，一旦空气中的潮气侵入内部，电机的绝缘性能将急剧下降。因此电机定子绕组接线完毕后，必须经浸漆烘干处理，以便提高电机绝缘的耐潮性能，提高绕组的绝缘强度。此外，定子绕组经浸漆烘干处理后，绕组和铁芯之间及电磁线与电磁线之间的间隙被绝缘漆填充，绕组与铁芯形成一个整体，因此提高了电机的散热能力，绕组的热量容易散发，起到降低绕组温升的作用，也提高了绕组的机械强度。所以，定子绕组的浸漆处理是电机修理的一道十分重要的工序。

对绕组浸漆处理的基本要求是烘干、渗透、填满、粘牢，并在绕组外表面形成一层坚韧而富有弹性漆膜。要满足这些要求，必须选择适当的绝缘漆和浸渍处理工艺。

6.2 绕组的浸漆处理工艺



目前E级及B级绝缘的电机浸漆时，普遍采用1032三氯氰胺醇酸浸渍漆。浸漆处理时，一般分预烘、浸漆、烘干（干燥）三个主要环节。

6.2.1 预烘

预烘的目的是去除绕组中所含的潮气和挥发物，以提高绕组浸漆的质量。此外，提高电机绕组浸漆时的温度，当绕组与绝缘漆接触时，绝缘漆黏度降低，可以很快地渗透到绕组里。

预烘的工艺参数是温度和时间，为了缩短去潮的时间，预烘温度可稍高些，但温度过高会影响绝缘材料的寿命。根据绝缘的耐热等级的不同，预烘温度一般可按表6-1选取。

表6-1 预烘温度

绝缘耐热等级	耐热极限温度/℃	正常压力下预烘温度/℃	真空情况下预烘温度/℃	正常压力下最高预烘温度/℃
A	105	105～115	80～110	125
E	120	115～125	80～110	140
B	130	130～140	80～110	150
F	155	150～165	80～110	175
H	180	170～190	80～110	200

预烘时间一般都是根据实验确定的。绕组开始加热后，每隔0.5h或1h，用绝缘电阻表测量一次绕组对地的绝缘电阻，记录所测结果，并同时记录烘箱（房）温度，直到绝缘电阻稳定（连续3h以上，其绝缘电阻的变化小于10%），并不少于浸漆预烘规范中规定的时间

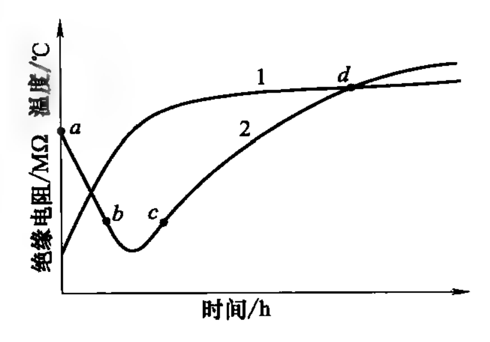


图 6-1　烘箱温度及绝缘电阻变化曲线
1 -温度变化曲线；2 -绝缘电阻变化曲线

为止。根据记录下来的数据可绘制出烘箱温度与时间的关系曲线（见图 6-1 中曲线 1）和绝缘电阻与时间的关系曲线（见图 6-1 中曲线 2）。

从曲线 2 可以看出，*a* 至 *b* 段绝缘电阻逐渐下降，原因是随着温度逐渐升高，绕组内部水分不断蒸发，而导致绝缘电阻开始下降。直到炉温稳定以后，绝缘电阻变化趋向最低值，即 *bc* 段。再经过一定时间后，潮气不断减少，绝缘电阻又逐渐上升，如 *cd* 段。最后绝缘电阻趋于稳定，说明绕组内部已经干燥。一般容量较小的电机约需预烘 4～6h，容量较大的电机约需预烘 5～8h。

预烘时，还须注意以下几点。

① 绕组须清洁，不准用木块作垫块，以免炭化引起火灾事故。

② 预烘温度要逐步增加。一般升温速度应不大于 30℃/h。加热太快，内外层温差大，使潮气由外层向内部扩散，会影响干燥效果。

③ 在预热升温期间，应使新鲜空气不断与烘箱内空气交换，以加速潮气的蒸发，当大部分潮气已经去除以后，应有少量换气而保持箱内温度，以求烘焙速度较快，节省时间。

④ 采用热风循环干燥，箱内温度比较均匀，有利于水分蒸发。

6.2.2　浸漆

电机修理常用的浸漆方法有以下几种。

① 沉浸法。适于批量修理的单位，即将定子或转子全部沉没于绝缘漆中，使绝缘漆充分渗透到各空隙中。

② 浇漆法。适用于单台或绕组局部修理的电机。将定子与沿垂直线略成一个角度直立于一个接漆盘内，用油壶等直接往上面的绕组端部浇漆，待绕组缝隙灌满漆液并开始从下端浸出时，将定子翻转起来，并从这一端再浇一遍，甚至渗透为止。此法较为方便、经济。

③ 刷漆法。适用于绕组局部换线处理的电机，操作方法与浇漆法基本相同，用刷子等直接往绕组端部刷漆。此法简单省料。

④ 滚漆法。适用于容量较大的绕线转子中。将绝缘漆倒入漆槽中，漆面高于绕组 100mm 左右，然后将转子平放在漆槽中并滚动，甚至渗透为止。

下面以沉浸法为例介绍浸漆的操作方法及注意事项。

沉浸法是将绕组预烘后浸入绝缘漆中，使漆渗透到绕组绝缘内部，填充所有空隙。浸渍质量决定于绕组的温度、绝缘漆的黏度和浸渍时间等因素。

浸漆次数应根据绕组的要求和选用的浸渍漆而定。在正常湿度下（相对湿度不大于 70%）工作的电机，采用有溶剂漆时，一般应浸 2 次；采用无溶剂漆只需浸 1 次。在高湿度下（相对湿度为 80%～95%）工作的湿热带电机，采用有溶剂漆时，一般应浸 3 次，采用无溶剂漆只需浸 2 次。在很潮湿（相对湿度大于 95%）或盐雾或化学气体影响下工作的电机，还需适当增加浸漆次数。

采用热沉浸工艺时，经过预烘后，待绕组和铁芯温度降到 60～80℃时，才能浸漆。若温度过高，将促使溶剂大量挥发，造成材料消耗。另一方面，绝缘漆将在较热的绕组表面迅

速结成漆膜，堵塞绝缘漆继续浸入的通道，以致造成浸不透的恶果。反之，如果温度过低，则绕组又吸入潮气，失去预烘的作用，而且与绕组接触的绝缘漆的温度将会降低，使漆的黏度增大，流动性和渗透性较差，也会使浸漆效果不好。所以，浸漆时绕组和铁芯的温度应控制在 60～80℃为宜。

被浸渍的绕组至少应浸入漆面 100～200mm，浸到无气泡冒出，并不少于规定的时间。但浸泡时间也不宜过长，否则反会泡坏电磁线漆膜，特别是 QQ 型漆包线不宜浸泡过久。

多次浸漆的作用是：第一次把漆浸透，并填满绝缘层的微孔和间隙；第二次是要把绝缘层和电磁线粘牢，并填充第一次浸漆烘干时溶剂挥发后造成的微孔，并在表面形成一层光滑的漆膜，以防止潮气的侵入；第三次及以上是要在绝缘表面形成加强的保护外层。

漆的渗透能力，主要决定于漆的黏度；漆的填充能力，主要取决于漆的固体含量的多少。因此，第一次浸漆时，漆的黏度不宜过高，否则难以浸透，并易造成漆膜，将潮气封闭在里面，影响第二次、第三次浸漆的作用。第一次浸渍的时间亦应稍长些，使漆充分浸透。以后的几次最好适当增加漆的黏度和固体含量，时间则应稍短些。这样一方面可使漆充分填满孔隙，另一方面又不致破坏前一次浸漆的效果。

多次浸漆所用的有溶剂漆的黏度和浸渍时间可参考表 6-2。

表 6-2　多次浸漆所用的有溶剂漆的黏度和浸渍时间

浸渍次数	第一次	第二次	第三次	第四次
漆的黏度/s(20℃,4 号黏度计)	18～22	28～32	35～38	40～60
浸渍时间/min	>15	10～15	5～10	5～10

漆的黏度是用福特杯 4 号黏度计（简称 4 号福特杯）来测量的。福特杯 4 号黏度计是一个容积为 100cm³ 的铜杯（黄铜或紫铜），结构如图 6-2 所示。该杯流出口须严格控制在公差范围内，否则所测得的黏度误差会很大。使用时将福特杯全部沉入漆内，大杯口朝上，垂直方向取出，当漆面达到杯口表面时，按下秒表开始计时，一直到杯内所有的漆液流完，记下时间和温度。此时所得的秒数，即为在当时漆温下漆的黏度。时间愈长，黏度愈大；时间愈短，黏度愈小。

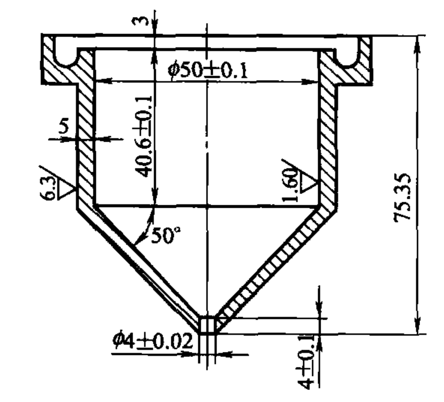


图 6-2　福特杯 4 号黏度计结构

福特杯使用后，必须用溶剂清洗，注意保存，尤其要注意流出孔勿被阻塞和损伤。标准福特杯 4 号黏度计，在 20℃时，蒸馏水的黏度是 11.5s，可根据这一标准校验。

由于漆温对黏度影响很大，所以，一般规定以 20℃为基准，考虑到测量时漆温不可能恒定在 20℃，因此在其他温度下测量时，必须加以换算，当采用普通的二次浸漆工艺时，可按表 6-3 换算。

如果漆的黏度太大或太小，应加入稀释剂或新漆，并充分搅拌均匀。

每次浸漆完成后，都要把定子绕组垂直放置，滴干余漆，时间一般约 30～60min。直至没有漆流出为止，并用溶剂将其他部位的余漆擦净。没有很好滴干的绕组，会延长烘干时间。对于绕线式转子绕组，为了避免漆在绕组内凝聚成块，在运行时受热甩出，造成事故，每次浸漆滴干后，还应进行甩漆，甩漆条件可参考表 6-4。

表 6-3　二次浸漆工艺 1032 绝缘漆黏度-温度对照

温度/℃	时间/s		温度/℃	时间/s		温度/℃	时间/s	
	一次浸漆	二次浸漆		一次浸漆	二次浸漆		一次浸漆	二次浸漆
40	16	19.5	26	18.2	27	12	25.5	40
39	16	20	25	18.4	27.5	11	26	42
38	16	20.4	24	18.7	28	10	27	43.5
37	16	20.8	23	19	28.5	9	28	45.5
36	16.2	21	22	19.4	29	8	28.5	47
35	16.2	21.5	21	19.8	29.5	7	30	50.5
34	16.5	22	20	20	30	6	32	52
33	17	22.5	19	21	32.5	5	33	53.5
32	17.2	23	18	21.5	34	4	33.5	55
31	17.4	23.5	17	22	35	3	34.5	58
30	17.6	24	16	22.5	35.5	2	35	60.5
29	17.8	24.8	15	24	36.5	1	36	62
28	18	25.5	14	24.5	37.5			
27	18	26	13	25	39.5			

表 6-4　甩漆条件

转子或直流电枢	甩漆速度/(r/min)	甩漆时间/min
直径＜400mm	600	5
直径＞400mm	300	5
3000r/min 高速转子	300	10

采用无溶剂漆沉浸工艺时，参数一般可参考表 6-5。

表 6-5　B、F 级无溶剂漆沉浸工艺

序号	工序名称		B 级 5152 无溶剂漆			F 级 319-2 无溶剂漆		
			温度/℃	时间/h	热态绝缘电阻/MΩ	温度/℃	时间/h	热态绝缘电阻/MΩ
1	预烘		130	6	＞20	130	6	＞50
2	第一次浸漆	浸漆	50～60	0.5	—	50～60	0.5	—
		滴干	室温	＞1	—	室温	＞1	—
		干燥	140	10	＞8	150	6	＞10
3	第二次浸漆	浸漆	50～60	3min	—	50～60	3min	—
		滴干	室温	0.5	—	室温	0.5	—
		干燥	140	12	＞2	150	10	＞5

采用无溶剂漆沉浸工艺要特别注意漆的保管和使用要求。为了延长漆的使用期，宜采用低温（5～10℃）储存。无溶剂漆中一般含有毒性较重的物质（如苯乙烯），须注意劳动保护措施。

目前国内生产的低压电机以 B 级漆为主，一般采用二次浸漆。所浸的漆是 1032 三聚氰胺醇酸漆，溶剂为二甲苯或甲苯，采用的工艺是热沉浸工艺，烘干次数为二次。普通二次浸漆的工艺参数见表 6-6。

表 6-6 普通二次浸漆的工艺参数（B 级绝缘、浸 1032 漆）

序号	工序名称	处理温度/℃	电机中心高/mm	处理时间	绝缘电阻稳定值/MΩ
1	白坯预烘	120±5	80～160	5～7h	>50
			180～280	9～11h	>15
2	第一次浸漆	60～80	—	>15min	
3	滴漆	20		>30min	—
4	第一次烘干	130±5	80～160	6～8h	>10
			180～280	14～16h	>2
5	第二次浸漆	60～80	—	10～15min	—
6	滴漆	20		>30min	—
7	第二次烘干	130±5	80～160	8～10h	>1.5
			180～280	16～18h	>1.5

6.2.3 烘干

浸漆后的烘干比预烘更为复杂，因为此时不仅有物理过程（溶剂的挥发），而且还有化学过程（漆基中树脂和干性油的氧化和聚合过程）。

余漆滴干后，还应仔细清除铁芯表面的余漆。既可以避免把易燃的漆液带进烘箱，引起火灾或爆炸，又可以减少以后刮漆的工作量。

烘干的目的是将漆中的溶剂和水分挥发掉，使绕组表面形成较坚固的漆膜。烘干过程最好分两个阶段进行。

第一阶段是低温阶段，温度控制在 70～80℃，约烘 2～4h，如果这时温度太高，会使溶剂挥发太快，在绕组表面形成许多小孔，影响浸漆质量；同时过高的温度将使绕组表面的漆很快结膜，渗入内部的溶剂受热后产生的气体无法排出，也会影响浸漆质量。

第二阶段是高温阶段，主要是漆基的聚合固化，并在绕组表面形成坚硬的漆膜。因此，烘干温度一般比预烘温度高 10℃左右。升温速度应视浸渍漆而定，一般约为 20℃/h。此时还需要不断补充新鲜空气，高温和换气能加速氧化和聚合的过程，使烘焙的时间缩短，并提高漆膜的强度。低温缺氧的烘焙即使延长时间，也不能获得高质量的漆膜。烘焙过程中，每隔 1h 就要用绝缘电阻表测量一次绕组对地的绝缘电阻，烘焙时间一般以绝缘电阻连续 3h 达到持续稳定值为止。且绝缘电阻一般要在 5MΩ 以上，绕组才算烘干。在实际操作中，由于烘干设备和方法不同，烘焙的温度和时间都会有所差异，需按具体情况而定，总之应使绕组对地绝缘电阻稳定而且合格为准。

多次浸渍时，前几次烘焙时间应短一些，使漆膜还保持有黏性，以便与后几次浸漆形成的漆膜能更好地黏合在一起，不致分层。最后一次烘干时间应长一些，以使漆膜硬结完好。

对于绕线式转子绕组，烘干时间应更长一些，以免因硬结不良，运行时受热发生甩漆现象。在烘干时，应将转子立放，以免漆流结在一边而影响平衡。如因设备条件限制，只能平放烘干，则在烘干第一阶段应定期转动 180°，以防止漆流结在一起。

烘干绕组的方法很多，通常分外部干燥和内部干燥两大类。根据修理场合条件的不同，外部干燥又可分为烘房（烘箱）干燥法和灯泡干燥法等；内部干燥又可分为电流干燥法（铜

损干燥法）和涡流干燥法（铁损干燥法）等。

6.2.3.1　外部干燥法

（1）烘房（烘箱）干燥法

烘房（又称烘干室）通常用耐火砖砌成，如图 6-3 所示。烘箱通常用钢板焊成。将发热元件（一般用电热丝）装在靠近烘房两面侧壁，发热元件外面用铁皮罩住。加热过程中，必须用温度计监视烘房的温度，不能超过绕组绝缘等级所允许的最高耐热温度。烘房（烘箱）顶盖上应留有排出潮气的通气孔。

（2）灯泡干燥法

灯泡干燥法如图 6-4 所示。用红外线灯泡或一般灯泡，使灯光直接照射到电机绕组上，但也不可太近，以防止烤焦绕组。灯泡的功率可按 $5kW/m^3$ 左右选用。烘烤时要注意用温度计监视箱内温度，不得超过允许值。

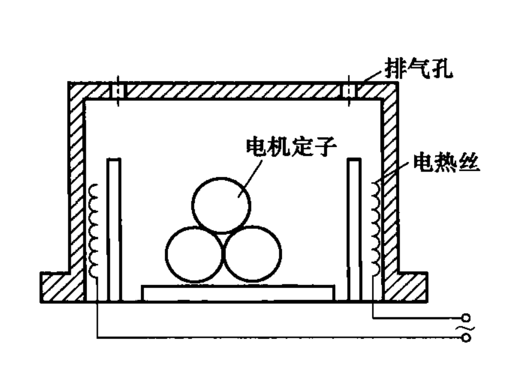


图 6-3　烘房

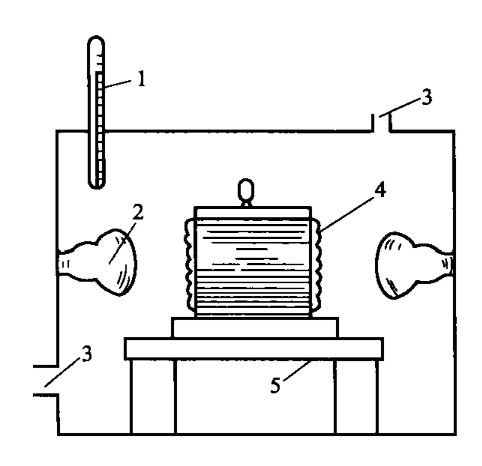


图 6-4　灯泡干燥法

1　温度计；2—灯泡；3—通气孔；
4　电机定子；5—座架

6.2.3.2　内部干燥法

（1）电流干燥法

把电机的转子拆出，将三相定子绕组并联或串联起来，通入低压电流，利用电机绕组的铜损耗来加热。无论采用哪种接线形式，其每相绕组中通过的最大电流都不宜超过电机绕组电流的额定值的 50%～70%；若用直流则可稍高，但不宜超过额定值的 60%～80%。由于各种电机的具体情况不尽相同，一般干燥电流的大小，应使定子铁芯在通电 3～4h 内达到 70～80℃为宜。

干燥电源一般采用交流电焊变压器、直流电焊机或其他可调节的低压电源。

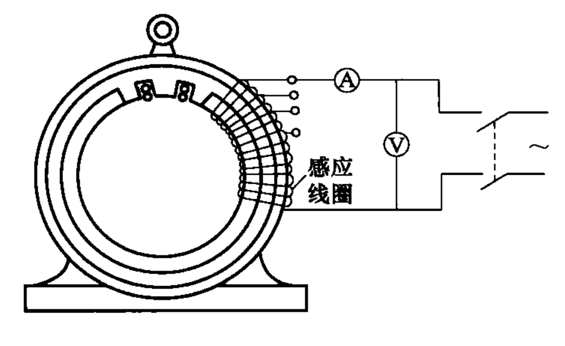
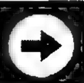


图 6-5　涡流干燥法示意图

（2）涡流干燥法

涡流干燥法是利用交变磁通在定子铁芯中产生磁滞损耗和涡流损耗，使电机发热到所需的温度进行干燥的，所以又称为铁损耗干燥法。铁芯中的磁通是由临时穿绕在定子铁芯和外壳上的励磁线圈产生的（见图 6-5）。此法适宜干燥较大型的电机，优点是耗电量较小，比较经济。励磁线圈参数需通过计算确定。

6.3 特殊环境运行电机的绝缘处理 

电机绝缘受环境气候条件的影响很大，一般普通电机绝缘结构是针对环境温度不超过40℃，海拔不超过1000m的正常条件下确定的，如果用在湿热带、高原地区或其他特殊环境下运行，则绝缘的可靠性和寿命将大为降低。因此，必须正确解决特殊环境的绝缘问题，才能保证电机安全运行。

6.3.1 特殊环境对电机绝缘的影响

电机在储存、运输和使用过程中，经常受到周围环境的有害因素的影响。电机的特殊环境条件，按生产环境因素的性质，可分为天然气候环境和工业环境两大类。这些特殊环境因素，有的是单一地对电机作用，有的是几种因素综合地作用，有的是断续地作用，有的是连续地作用，加之各种因素作用先后次序的不同，造成的影响也不同，因而形成了十分复杂的情况。但归纳起来，影响电机绝缘的，主要有以下几种基本因素。

① 温度影响。环境温度过高将影响电机散热，使电机输出功率下降。另外，高温会使绝缘材料加速老化，高温干燥会使绝缘干枯、皱缩、变形和龟裂。而温度过低，将使橡胶和塑料等硬化。

② 高湿及水分影响。相对湿度过高时，电机内部会凝聚水滴，使绝缘材料有的受潮膨胀，有的发软发黏，力学和电气性能恶化，容易发生绝缘击穿和表面闪络。

③ 灰尘和沙尘。当灰尘和沙尘沉积在绝缘表面时，会因吸潮而使电气绝缘性能下降，而导电灰尘更易造成绝缘漏电或短路事故。如果灰尘和沙尘量多，将使风道堵塞，影响通风散热。

④ 盐雾影响。空气中悬浮的氯化物液体微粒称为盐雾，盐雾会使绝缘及金属表面形成电解液，加速腐蚀作用，并严重影响绝缘性能，如产生电晕放电等。

⑤ 昆虫及小生物的危害。在热带地区昆虫及小生物的危害特别严重。一方面在电机内部做窝及遗留尸体，造成机械阻塞；另一方面是咬伤绝缘或吞食绝缘材料，造成短路故障。

⑥ 腐蚀性气体。腐蚀性气体对电机产品的影响程度，取决于空气湿度和腐蚀性气体的性质及其浓度。通常腐蚀性气体在空气相对湿度未达到饱和而产品表面又存在凝露时，将大大加速金属零部件的腐蚀和绝缘性能的恶化。

⑦ 大气压力。在高原地区（海拔1000m以上)，由于空气密度随海拔上升而下降，将使电机温升增高和输出功率下降。高压电机的电晕起始电压亦将随之降低，会影响电机使用寿命和安全运行。此外，在缺乏水分和氧（特别是水分）的大气压条件下，将导致直流电机换向恶化和电刷磨损量增大。

⑧ 高能射线。高能射线（如核辐射的电子、质子或γ射线）能使物质的原子发生位移，产生晶格缺陷，形成空位-间隙原子对，而使物质结构受到辐射损伤。辐射主要是使绝缘材料发生损伤，其中对有机绝缘材料的力学性能损伤较严重。辐射对绝缘材料的影响，取决于辐射的能谱、辐射类型和剂量（以剂量率或累积剂量值表示)，并且与被辐射绝缘材料的性质及环境温度有关。

⑨ 机械力。高气压、冲击和振动负载，易使电机的金属零部件和绝缘结构产生机械损伤事故。

6.3.2　特殊环境运行电机的绝缘处理

6.3.2.1　湿热带电机的绝缘防护措施

湿热带电机工作在条件很恶劣的湿热带地区。在这些地区，空气中湿度很大（25℃时相对湿度为95%左右），有霉菌，有盐雾，所以电机容易受潮而使绝缘电阻降低，绝缘表面容易长霉而使绝缘材料变质（温度为17～38℃，相对湿度在75%以上最适于霉菌的生长），金属零件和绝缘容易受到盐雾的腐蚀。因此，湿热带电机应具有防潮、防霉、防盐雾的能力。

对于湿热带电机的绝缘材料，除应符合耐热等级、工作电压、机械应力和绝缘结构配套等基本要求外，还应注意以下几点。

① 应避免采用A级绝缘材料，尽可能采用玻璃纤维、石棉、石英和云母等无机绝缘材料制品，以及经过处理后的耐霉和防潮性能良好的有机绝缘材料。

② 应避免采用木料作槽楔或衬垫物。尽可能采用玻璃纤维、石棉、云母等做填料的环氧酚醛层压件，并须经浸渍处理。竹楔须经变压器油处理后，可用于小型电机。

③ 应避免采用工业橡胶、普通聚氯乙烯、聚乙烯等受紫外线影响严重的材料。尽可能采用丁腈橡胶、丁基橡胶或热带型聚氯乙烯等。

④ 浸渍材料，对E、B级绝缘，可采用1032漆或环氧树脂漆；对F、H级绝缘，可采用硅有机漆或聚酰亚胺漆。

⑤ 浸漆处理的次数，对湿热带电机绕组须浸渍有溶剂漆2～3次，或无溶剂漆1～2次。尽可能采用防潮效果较好的真空压力浸渍、滴浸工艺和整体浸漆工艺。

⑥ 应尽可能采用具有抗霉菌能力的绝缘材料。如需用不耐霉材料，则必须采取防霉措施，防霉剂处理工艺可参考表6-7。

表6-7　常用的防霉剂处理工艺

材料名称		防霉剂		处理工艺
		品种	用量(质量分数)/%	
覆盖漆	三聚氰胺环氧灰磁漆	二氯苯骈噁唑酮	2	(1)将防霉剂以粉末状直接加入 (2)将防霉剂用溶剂溶解后调入 (3)使用时应搅拌均匀
浸渍漆	环氧醇酸漆	二氯苯骈噁唑酮或对硝基酚	2	(1)将防霉剂以粉末状直接加入 (2)将防霉剂用溶剂溶解后调入 (3)使用时应搅拌均匀
	1032漆		5	
金属表面保护层	胺基醇酸漆	对硝基苯甲醚或二氯苯骈噁唑酮	2	(1)将防霉剂以粉末状直接加入 (2)将防霉剂用溶剂溶解后调入 (3)使用时应搅拌均匀(对原色或浅色的表面漆不能用二氯苯骈噁唑酮)
	聚氨酯灰瓷漆		2	
层压胶板		二氯苯骈噁唑酮	2	将防霉剂用香蕉水溶解过滤后调入漆中，被处理的零件须清洁，然后浸渍

6.3.2.2　户外电机的绝缘防护措施

户外电机的绝缘处理与湿热带电机的绝缘处理方法相似。

对于户外电机的防护，以结构防护为主，防止小动物和雨雪风沙的侵入。常用的结构材

料及工艺措施如下。

① 电机的轴承结构采用防水良好的甩水环，并采用油脂密封。

② 接线盒与机座的接合面应该宽而平整，在其间辅设密封衬垫，进线应有密封套，端盖止口和吊攀孔应有橡皮衬垫，紧固螺钉应采用沉头螺钉加密封垫圈。

③ 电机通风应采取防止风雪或外物进入的结构。如可以用通风管，也可以在风道中设置挡板，在多尘地区可增设滤尘器。

④ 在低温下，塑料和润滑脂容易发脆或凝固，应选用耐冷性良好的材料。

⑤ 在电机的外表面（机座、端盖、轴承盖、风罩、风扇等）采用耐腐蚀、耐太阳辐射性良好的油漆涂料。其相应的工艺方案及措施，见表6-8。

表6-8　户外电机防护工艺方案及措施

零件部位	材料名称	牌号	涂漆层次	干燥		溶剂
				温度/℃	时间/h	
铸件表面底漆	磷化底漆	X06-1	1	≥18	2	磷化液、无水乙醇、丁醇、甲苯、二甲苯
	铁红环氧脂底漆	H06-2	1	≥18	24	
定、转子铁芯表面涂漆	磷化底漆 环氧气干清漆和环氧铁红底漆的混合物	X06-1 H313-3和H06-2	1 1	≥18 ≥18或120～130	2～3 24 1	磷化液、无水乙醇、丁醇、甲苯、二甲苯
风扇、风罩表面涂漆	磷化底漆	X06-1	1	25	2	无水乙醇、丁醇、二甲苯、甲苯
	铁红环氧脂底漆	H06-2	2	25	24	
	铁红过氧乙烯底漆	G06-4	1	25	6	
	过氧乙烯防腐漆	G52-1	2	25	6	
电机表面涂漆	磷化底漆	X06-1	1	25	3	无水乙醇、丁醇
	环氧铁红底漆	H06-2	1	25	24	二甲苯
	铁红过氧乙烯漆	G06-4	1	25	6	X-3过氧乙烯稀释剂
	过氧乙烯防腐漆	G52 1	1	25	6	X-3过氧乙烯稀释剂
	过氧乙烯防腐清漆	G52 2	1	25	6	X-3过氧乙烯稀释剂
	铁红聚氨酯底漆	7511	1	25	12	二甲苯、醋酸丁酯
	聚氨酯磁漆	7511	1	25	12	二甲苯、醋酸丁酯
轴伸表面涂封	聚苯乙烯树脂		刷涂			纯苯、四氯化碳、二甲苯的混合剂
	邻苯二甲酸二辛酯	—	刷涂	—		

6.3.2.3　化工防腐蚀电机的绝缘防护措施

化工防腐蚀电机，不论装置在户内或户外，均应具有防潮防腐的性能。

化工防腐蚀电机在密封外壳的防护下，其绝缘措施可按湿热带电机相似处理。高压电机可采用环氧粉云母带连续式绝缘整体浸漆或采用硅橡胶绝缘。

对于户外化工防腐蚀型电机的防护要求，要在户内型的基础上进一步增加防腐蚀性能。常用的特殊结构材料及工艺措施如下。

① 电机的轴承结构采用曲路环，并采用油脂密封。

② 结构设计上要加强外壳密封，外壳必须保留出水孔时，须用塑料螺钉封闭。

③ 外露零部件采用不锈钢和塑料制造，以提高防腐性能。

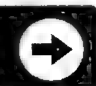
④ 在电机外表面和有关零部件采用耐腐蚀的油漆涂料，其相应的工艺方案及措施，见表 6-9。

表 6-9　化工防腐蚀电机防护工艺方案及措施

零件部位	材料名称	牌号	涂漆层次	干燥		溶剂
				温度/℃	时间/h	
铸件表面涂漆	磷化底漆	X06-1	1	常温	2	磷化液、无水乙醇、丁醇
	环氧铁红底漆	H06-1	1	常温	24	—
	过氯乙烯黄漆	G52-1	1	—	—	
风罩、风扇表面涂漆	环氧粉末 除锈磷化液	CL-C	浸涂 2 次	160	1	汽油、甲苯
铭牌	透明环氧粉末		浸涂 2 次	160	0.5	汽油、甲苯
电机表面涂漆	环氧铁红底漆	H06-2	喷 1 次	25 120	24 1	二甲苯
	过氯乙烯底漆	G06-4	喷 2 次	25 60～65	24 2	X-3 过氯乙烯稀释剂
	过氯乙烯防腐漆	G52-1	喷 2 次	25 60～65	12 2	X-3 过氯乙烯稀释剂
	过氯乙烯防腐清漆	G52-1	喷 2 次	25 60～65	12 2	X-3 过氯乙烯稀释剂
轴伸表面涂封	聚苯乙烯树脂	—	刷涂	-	—	纯苯、四氯化碳二甲苯的混合剂
	邻苯二甲酸二辛酯	—	刷涂	—	—	

第7章 绕组的检查与试验

7.1 绕组检查与试验的目的及项目



7.1.1 绕组检查与试验的目的

三相异步电机的绕组分软、硬两大类，前一种用于小型和部分中型电机的定子，由单根或多根圆漆包线绕制而成，称为散嵌绕组；后一种用于大型或部分中型电机定子和绕线转子，称为成型绕组。无论散嵌绕组或是成型绕组，在完成绕组的各个工序以后、浸漆以前，都必须进行严格的检查试验，以便及时发现并排除在加工过程中出现的缺陷，防止不合格产品流入下道工序，以免造成工时和材料的浪费，影响生产进度。

7.1.2 绕组检查与试验的项目

绕组的检查与试验包括：外观、几何尺寸、绝缘强度及电磁性能等。对于匝数较多的绕组，还应该检查绕组的匝数是否正确、三相绕组的直流电阻是否相同，绕组的接线是否正确、三相绕组的电流是否平衡。对于成型绕组还应检查其几何尺寸是否符合要求。对于磁极绕组除检查几何尺寸外，还应做匝间短路试验。对于高压绕组还应做耐压和匝间绝缘强度试验。对 6kV 以上的高压绕组应抽查介质损耗和电晕起始电压。为了考核绝缘质量，对高压绕组还应抽样做击穿电压试验和电热老化试验。

由于电机的定子、转子绕组在嵌线过程中，可能使绝缘受到破坏，所以在嵌线、接线后还要测量其绝缘电阻并做耐压试验。对直流电枢绕组应做短路和断路试验，并检查绕组与换向器的连接是否正确。

绕组在做耐压试验前应测量绝缘电阻；大容量高压电机绕组在做出厂耐压试验前，应同时进行直流耐压试验和泄漏电流测量。

7.2 线圈的检查与试验



7.2.1 外观检查

线圈的外观、几何尺寸都要经过检查，使其符合要求，否则将影响嵌装。

线圈的外观必须符合下列要求。

① 不管是软线圈还是硬线圈，导线必须排列整齐，避免交叉混乱。因为交叉混乱将会增大导线在槽中占有的面积，使嵌线困难，并容易造成匝间短路。

② 线圈的几何形状和尺寸必须适当，尤其是成形线圈和磁极线圈的几何形状和尺寸是否适当，直接影响嵌装。对于新试制的线圈，必须经过试嵌装，线圈的端部不能太长，也不

能太短。因为太长，不仅浪费铜线，增加电机成本，还会给电机的装配造成困难。太短就会给嵌线造成麻烦。

③ 线圈每根导线的绝缘必须良好，不允许有点滴破损，所有拐角部位应做到圆滑无折拐现象。模压绕组表面应无余胶及其他杂物；直线部分平直、无棱角；斜边平直，端部形状基本一致；直线与端部过渡应无明显凸凹现象。

模压成型绕组的直线部分的绝缘应牢固密实而不发空，整体性好，用小锤轻敲无空哑声。对用绝缘带等材料包绕的成型绕组，应注意其包绕一定要平实，直线部分平直，包绕材料不允许有翘起现象。

7.2.2　线圈匝数的检查

线圈的匝数必须符合设计要求，因为匝数多了不仅浪费电磁线，造成嵌线困难，还会使电机的漏电抗增大，最大转矩和启动转矩倍数降低。匝数少了，电机的空载电流增大，功率因数降低。若三相绕组匝数不相等，将造成三相电流不平衡，也将使电机的性能变坏。因此，线圈绕制好后，必须通过严格的匝数检查。对于匝数多的线圈，可用匝数试验器进行检查。

匝数试验器的结构如图 7-1 所示。它是一个开口变压器，磁轭可以分开，在左侧铁芯柱上套有励磁绕组 WE（即一次线圈），并接入 220V 交流电源，在右侧铁芯柱上套有标准线圈 W2 和被测线圈 W1，励磁绕组通入交流电后，先将双刀双掷开关 S1 置于左侧，如果极性指示灯 H 亮后，则表明线圈 W1 和线圈 W2 极性相同。再将开关 S1 置于右侧，使线圈 W1 与线圈 W2 极性反接，再按下按钮 SB，若电压表指示为零，则表明被试线圈匝数正确，若电压表指示不为零，则表明被试线圈匝数有误。为了提高测试灵敏度，开口变压器应设计成每匝电压为 0.5V 以上。

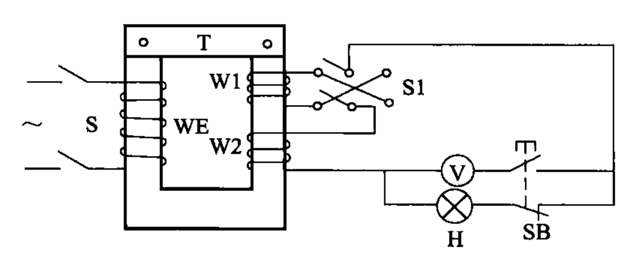


图 7-1　线圈匝数试验装置原理

T—开口变压器；H—极性指示灯；WE—励磁绕组；W1—被测线圈；W2—样品线圈；
V—交流电压表；S—刀开关；S1—双刀双掷开关；SB—双联按钮

7.2.3　磁极线圈匝间短路检查

磁极线圈的匝间短路检查，一般可用下列两种方法进行：一种是线圈直接加上电压法；另一种是变压器法。对于匝数较多的磁极线圈，用直接加压法需要很高的电源电压，因此，通常采用变压器法，如图 7-2 所示。此变压器的上磁轭 T 是活动的，使用时将变压器上磁轭移开，套上被试线圈 W1，再合拢磁轭，在一次线圈（励磁绕组）WE 上加入交流电压，如果被试线圈 W1 有短路线匝，短路线匝就会发热。

对于匝数少的磁极线圈，可用直接加压法，将一批线圈逐个试验，如果其中某个线圈的电流比同台电机其他线圈的电流大，即认为该线圈发生了匝间短路故障，然后，将故障线圈

通以直流电，用毫伏表测量每匝电压，找出线圈的短路匝。

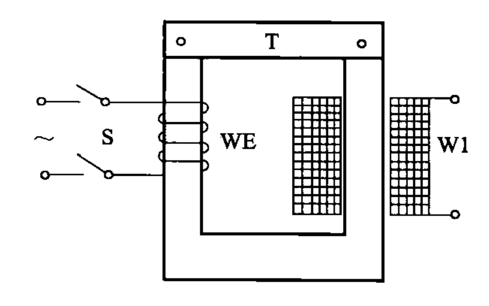


图 7-2 线圈匝间短路检查装置
S 开关；WE 励磁绕组；W1 被试线圈；T 可动磁轭

7.2.4 高压线圈的试验

对于高压线圈除做以上检查外，还要做耐压试验、匝间绝缘试验、击穿电压试验、电热老化试验等，在这里分别作一简要介绍。

7.2.4.1 耐压试验

耐压试验又称为介电强度试验。分交流耐压试验和直流耐压试验两种。一般电机都要进行交流耐压试验，对于大型和某些中型电机需另行进行直流耐压试验，两者不能相互代替。

（1）交流耐压试验

交流耐压试验是检验线圈绝缘介电强度最有效和最直接的试验项目。高压线圈在嵌装前，都必须进行此项试验。此试验可单个进行，也可多个线圈（10～20个）并联同时进行。试验时，线圈直线部分包0.03～0.1mm厚的金属箔（注意一定要包紧）并接地，金属箔的长度应大于铁芯长。例如，3kV线圈每端需长出10mm左右；6kV线圈则每端应长出20mm左右；如果线圈端部涂有防电晕漆，则金属箔的长度还应适当加长。为了节省包金属箔的时间，还可以用另外一种方法代替金属箔，即可用直径小于1～2mm的小铁球代替，将线圈直线部分放在金属盒内，用铁球塞满，在线圈弯曲处塞上布带，以防止线圈端部与铁球接触。

耐压试验装置原理图如图7-3所示，其工作原理是：低压交流电输给调压器TVR一次侧，调压器按需要输出不同值的电压送给升压变压器T，按照一定比例升压后加到被试线圈上，显示系统显示出被试电压的大小。自动判断系统有两个功能：一个是按标定的高压泄漏电流值指示被试线圈是否合格；另一个是当被试线圈击穿时（或泄漏电流大于标定值时）自动切断电源，从而保护被试线圈和试验装置。保护系统则是为保护在被试线圈上加过高电压或被试线圈击穿时产生较大电流损坏被试线圈或试验变压器。过电压保护一般用两个放电距离可调的放电球，球隙保护电阻R_0一般按每伏1Ω选配；过电压保护球隙电压一般调整在1.1～1.5倍试验电压；过电流保护采用限流电阻R，其阻值为每伏试验电压取0.2～1Ω。

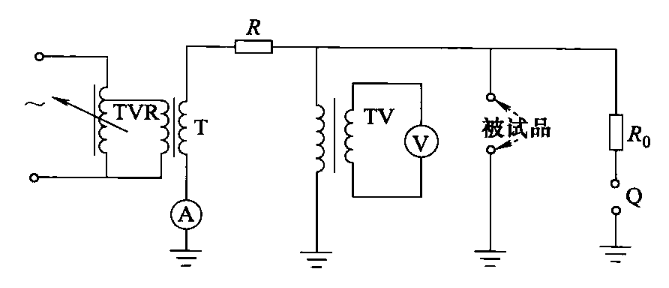


图 7-3 交流耐压试验装置原理
TVR—调压器；T—升压变压器；R 限流电阻；A—电流表；R_0 球隙保护电阻；Q 过电压保护球隙；TV—电压互感器

加于线圈的电压，应从低于试验电压全值的1/3～1/2开始，在10～15s内逐渐升到全值，维持1min，然后在10～15s的时间内，将试验电压逐渐降低到试验电压的1/3～1/2以后，再切断电源。用接地棒使线圈充分放电，再进行拆线等操作。

线圈的合格标准：在线圈的直线部位（槽部长度加 20mm）和地之间加（$2.75U_N+4.5$）kV 的工频正弦波电压（其中 U_N 为电机的额定电压），历时 1min。如果不被击穿，则说明线圈合格。

耐压试验电压很高，必须注意安全，试验区周围应用栅栏隔离，并要设有明显的危险标志。

（2）直流耐压试验

对于容量等于或大于 1000kW 的电机，采用多匝成型线圈并用复合式绝缘结构时，在嵌线时，线圈应进行直流耐压试验，以检查端部搭接处的绝缘质量。

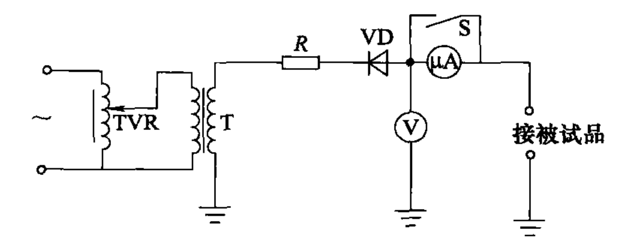


图 7-4　直流耐压试验装置原理图
TVR—调压器；T—升压变压器；R—限流电阻；μA—泄漏电流测量表；V—电压表；S—电流表短路开关

直流耐压试验装置原理如图 7-4 所示，变压器和调压器的容量可按每 1kV 试验电压为 0.2～0.5kV·A 选择；整个系统的输出直流电压应在被试线圈额定电压的 3.5 倍以上；整流元件一般都采用硅整流管，可根据需要组成半波或全波整流，整流元件的额定电流一般在 100μA 以下；应按试验电压的要求，选用高压整流二极管；限流保护电阻 R 应按每伏试验电压为 10Ω 选择；电压表 V 应选用静电电压表。

试验电压的大小要根据电机的额定电压而定，对于额定电压低于 3kV 的电机，试验电压为 $1.25(2.75U_N+4.5)$kV；对于额定电压高于 6kV 的电机，试验电压为 $1.25(2.75U_N+6.5)$kV（U_N 为电机的额定电压），试验时间均为 1min。

7.2.4.2　匝间绝缘试验

匝间绝缘试验简称匝间试验。高压线圈的匝间试验应单个进行，其原因主要如下。

① 线圈在绕制过程中，很容易造成线圈匝间绝缘的损伤，应进行严格的检验，做到在嵌线前及时处理，以免在嵌线后发生匝间短路，拆换比较麻烦。

② 如果在线圈嵌入铁芯后再进行冲击电压试验，试验电压的数值不能超过对地耐压试验电压，而且用波形前沿很陡的冲击电压试验时，电压沿整个绕组分布不均匀，前几个线圈受到的试验电压比较高，其余大部分线圈试验电压都很低。

由于电机绕组的结构方式、电压等级、使用条件都各不相同，所以对试验电压的要求和试验方法也有所不同，这里主要介绍各种电机的通用项目。

匝间试验应用匝间试验仪进行，其原理图如图 7-5 所示。

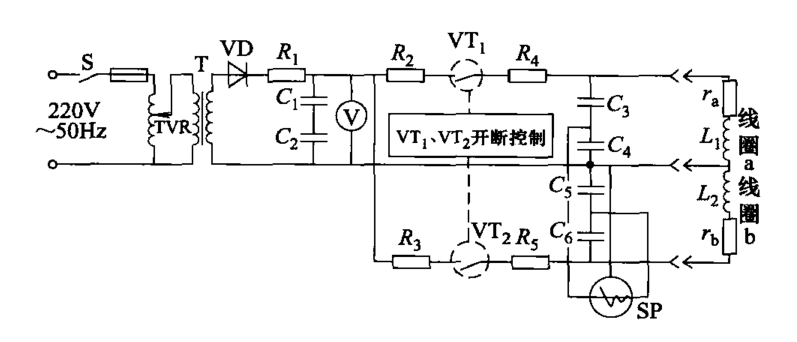


图 7-5　匝间试验仪原理示意图
TVR—单相调压器；T—升压变压器；VD—整流管；R_1, R_2, R_3—限流电阻；R_4, R_5—波前时间电阻；VT_1, VT_2—晶闸管；C_1～C_6—电容器；SP—双线示波器；L_1, L_2—被试线圈

试验仪的工作原理：给单相调压器 TVR 输入 220V 的交流电压；通过升压变压器 T 把电压升高；经过整流，送入晶闸管 VT_1、VT_2（两个晶闸管的参数应相同），晶闸管的导通和阻断由一套控制电路控制。工作时，控制线路使 VT_1 和 VT_2 交替导通，把直流电压加到两个被试线圈 L_1 和 L_2 上（其中一个线圈是完好的标准线圈），由示波器同时显示两条放电曲线，通过观察和分析两条曲线的差异来确定被试线圈的绝缘故障。

对于匝间试验电压值，由电机的额定电压和容量决定，见表 7-1。表中的试验电压值均指电压第一半波的有效值，考虑到 1.2 倍（随波形不同而异）冲击系数，冲击电压的峰值为

$$U_m = 1.2\sqrt{2}U_{ef}$$

式中　U_{ef}——工频试验电压的有效值。

表 7-1　匝间试验电压值

电机额定电压 /V	电机额定容量 /kW	每匝试验电压有效值/V	电机额定电压 /V	电机额定容量 /kW	每匝试验电压有效值/V
3000	<1000	300	6000	≥3000	1000
3000	≥1000	500	10000	所有容量	1500
6000	<3000	700	>10000	所有容量	2000

7.2.4.3　高压线圈的击穿电压试验和电热老化试验

击穿电压试验和电热老化试验是检验线圈绝缘性能的两项重要的功能试验。

击穿电压试验是将紧包金属箔的线圈放于变压器油槽内，加于线圈主绝缘的试验电压从零开始，以 1.2kV/s 的速率升高，直到击穿为止。考核标准以各线圈平均击穿电压值和负分散度（最低击穿电压减去平均击穿电压与平均击穿电压的比值）评定。例如，对 6kV 级沥青云母绝缘线圈，在室温下达到 55kV 的为甲级；48kV 的为乙级；42kV 的为丙级。负分散度不超过－10%。

电热老化试验是将嵌在模拟槽中的线圈，放在接近线圈工作温度的烘箱内，对线圈主绝缘施加一定的试验电压后，开始记录时间，直到击穿为止。以加高压到击穿为止的小时数作为试验结果。该试验的关键在于选择试验电压和试验温度。例如，对 6kV 级沥青云母绝缘线圈，规定试验电压为 21kV，烘箱温度为 (90±2)℃，其评比标准为：小于 300h 为不良；300～600h 为勉强；600～1000h 为及格；1000～1500h 为良好，大于 1500h 为优良。

7.3　嵌线后绕组的检查与试验



绕组嵌线后的质量检查与试验包括外表检查、绕组绝缘电阻的测定、绕组直流电阻的测定等。

7.3.1　外表检查

嵌线后，绕组的外表检查应包括下列内容。

① 嵌入的线圈，直线部分应平直、整齐，端部应没有严重的交叉现象。端部高度应符合要求。

② 电磁线绝缘的损伤应包扎正确，接头的包扎也应正确。绕组对机座等必须保持一定的距离。

③ 各部分的绝缘应当垫好，端部的绑扎必须牢固。

④ 槽楔不能高于铁芯，伸出两端的长度应当相等，端部槽楔不能破裂，并且应有可靠的紧度，槽口绝缘应包好，压在槽楔下。

⑤ 槽口处绝缘无破裂，所有绝缘材料应无松动及凸出现象，以免电机运转时受风吹，发出声响，增大电机噪声。

7.3.2 绕组绝缘电阻的测量

测量绕组对机座以及绕组相与相之间的绝缘电阻，是最简便而无破坏作用的试验方法，它可以判断绕组是否受潮，绝缘的质量是否能够达到使用要求，或有无严重缺陷。

绝缘电阻值通常用绝缘电阻表（又称兆欧表）测量。绝缘电阻表的选用、接线及绝缘电阻的测量方法与注意事项，可参考第 9 章的有关内容。对于绕线转子异步电机，还应测量转子绕组的绝缘电阻。如果三相异步电机的定子、转子绕组在电机内部已接成星形或者三角形连接，可以只测它们对机壳的绝缘电阻。

对于不同额定电压的电机，应选用不同额定电压的绝缘电阻表，绝缘电阻表规格应按表 7-2 选用。

表 7-2　不同规格绝缘电阻表的选用

电机绕组额定电压/V	绝缘电阻表规格/V	电机绕组额定电压/V	绝缘电阻表规格/V
＜500	500	＞3000	2500
500～3000	1000		

测量时，应分别在实际冷状态（室温）和热状态下进行。电机绕组在冷状态下的绝缘电阻应大于或等于下式所求得的数值

$$R_i \geqslant \frac{1000+U_N}{1000}$$

式中　R_i——电机绕组的绝缘电阻计算值，MΩ；

U_N——电机绕组的额定电压，V。

绕组在热状态下的绝缘电阻应大于或等于下式所求得的数值

$$R_i \geqslant \frac{U_N}{1000+\frac{P_N}{100}}$$

式中　R_i——电机绕组的绝缘电阻计算值，MΩ；

U_N——电机绕组的额定电压，V；

P_N——电机的额定功率，kW。

电机冷、热状态不同，其绝缘电阻值也有差别。在冷态（室温）下，额定电压 1000V 以下的电机，绝缘电阻值一般应大于 1MΩ，下限值不得低于 0.5MΩ。全部更换绕组后的电机，绝缘电阻一般应不低于 5MΩ。而对于额定电压高于 1000V 的电机，容量不太大时，额定电压每增加 1kV，则绝缘电阻下限值增加 1MΩ。

7.3.3 绕组直流电阻的测定

测量绕组的直流电阻，其目的是检查三相电阻是否平衡，是否与设计值相符合，并可作为检查匝数、线径和接线是否正确，焊接是否良好等缺陷时的参考。

7.3.3.1　电桥法

电桥法是测量绕组的直流电阻最简单的方法。电桥有两种，一种是双臂电桥；另一种是单臂电阻。小于 1Ω 的电阻用双臂电桥测量，测量值应取到电桥所能达到的最大位数。大于 1Ω 的电阻用单臂电桥测量。不管用哪一种电桥测量电阻都应做到测量时引线要尽量短一些，连接点要接牢，尽可能加大接触面积，来减小接触电阻，提高测量精度。

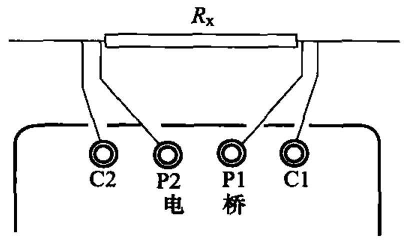


图 7-6　双臂电桥测量接线图

为了减小测量误差，双臂电桥的接线要严格按图 7-6 所示接线。在测量同一台电机的电阻时，电桥的量程开关最好拨在同一位置。

测量时，如果装上了转子时，转子应静止不动。对于定子绕组，应在电机的出线端上测量；对于绕线转子绕组，应尽可能在绕组与集电环的接线螺钉上测量，否则可在集电环上测量。

如果三相绕组的始末端都已单独引出，或者电机绕组为星形连接，并有星点引出时，则应分别测量每一相绕组的电阻（称为相电阻）R_A、R_B、R_C。对于只引出三个出线端的绕组，则只能测量每两个线端之间的电阻（称线电阻）R_{AB}、R_{BC}、R_{CA}，而其相电阻可按下述关系式计算。

（1）三相绕组为星形连接时

$$R_A=R_P-R_{BC}$$
$$R_B=R_P-R_{CA}$$
$$R_C=R_P-R_{AB}$$

（2）三相绕组为三角形连接时

$$R_A=\frac{R_{AB}R_{BC}}{R_P-R_{CA}}+R_{CA}-R_P$$
$$R_B=\frac{R_{BC}R_{CA}}{R_P-R_{AB}}+R_{AB}-R_P$$
$$R_C=\frac{R_{CA}R_{AB}}{R_P-R_{BC}}+R_{BC}-R_P$$
$$R_P=\frac{R_{AB}+R_{BC}+R_{CA}}{2}$$

如果三个线电阻平衡，即 $R_{AB}=R_{BC}=R_{CA}$ 时，或当所测每个线电阻与三个线电阻平均值之差，对于星形接法不超过平均值的±2%，对于三角形接法不超过平均值的±1.5%时，可使用下述关系式求取相电阻。

星形连接时　$R_A=R_B=R_C=\frac{1}{2}R_{AB}$

三角形连接时　$R_A=R_B=R_C=\frac{3}{2}R_{AB}$

电阻的实际数值一般采用三次测量的算术平均值。对于中小型电机，同一电阻每次测量值与其平均值不得超过±0.5%，与设计值比较，不得超过±4%。

7.3.3.2　电流电压法

绕组的直流电阻一般用电桥进行测定，也可用电流电压法测出加在绕组两端的电压 U 和通过绕组的电流 I，然后用公式求出被测电阻 R_X。

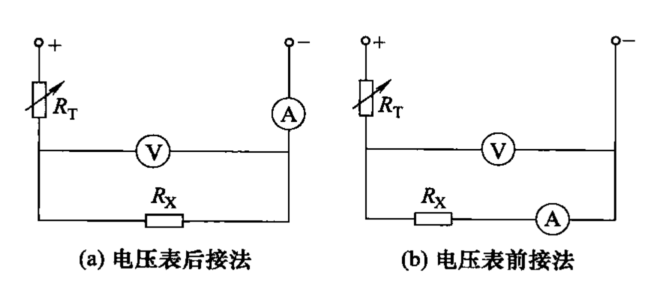


图 7-7　电流电压法测量绕组直流电阻接线图

电流电压法测量绕组直流电阻的接线图如图 7-7 所示。图 7-7（a）为电压表后接法，它适用于所用电压表的内阻 r_U 远大于被测电阻 R_X 的场合，有的标准规定两者的比值大于或等于 200 时采用此法。图 7-7（b）为电压表前接法，它适用于电流表的内阻 r_L 远小于被测电阻 R_X 的场合。测量时，无论采用哪一种方法，都要求直流电源稳定，仪表接线正确并接触良好，为了提高测量的准确度，测量时间要尽量短，且通入绕组的电流不应大于绕组额定电流的 20%，并应同时测量绕组温度。若不进行修正时

$$R_X=\frac{U}{I}$$

对电压表后接法进行仪表误差修正时

$$R_X=\frac{Ur_U}{Ir_U-U}$$

对电压表前接法进行仪表误差修正时

$$R_X=\frac{U}{I}-r_I$$

式中　R_X——被测电阻，Ω；

U——电压表读数，V；

I——电流表读数，A；

r_U——电压表内阻，Ω；

r_I——电流表内阻，Ω。

7.3.4　三相绕组电流平衡试验

对三相交流绕组，在接线后、浸漆前，应进行三相电流平衡试验，以检查三相绕组的对称性。此项试验，与测定直流电阻相比，更易于发现绕组匝数或接线上的错误。

三相交流绕组电流平衡试验方法：试验线路如图 7-8 所示。被试绕组通入工频三相对称低电压（通常取额定电压的 3%～10%），分别测量每一相的电流，求取三相电流平均值，如果三相电流的最大值或最小值与平均值之差，不超过平均值的±3%，且数值与同型号、同规格的电机接近，则为合格。如果三相电流不平衡，首先改换电源接头重测一次，分析电源接线是否有问题（电源与绕组接线接触不良等），然后记录三相电流和三相电压的数值。如果三相电流仍不平衡，应考虑绕组有无匝间短路（绕组局部过热），并检查绕组接线是否与图样相符。

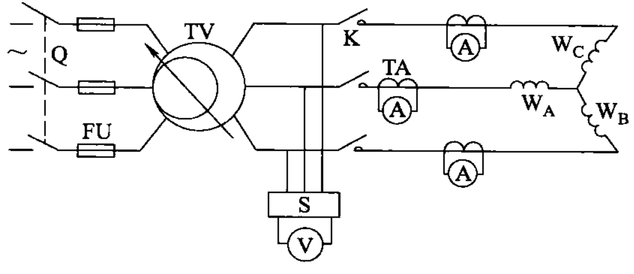


图 7-8　三相电流平衡试验线路图

不同的绕组三相电流不平衡的原因的检查方法也各有所异。

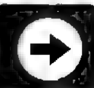
对于定子绕组，为了判断其电流不平衡的原因，通常先检查绕组的接线，各相绕组的首尾是否接错；各个线圈或极相组的极性是否反接；每极每相槽数是否相等或按一定规律分组；线圈是否有漏接、断线或焊接不良现象，以及一相绕组接到另一相的情况。接着检查绕组有无相间短路或两处对地绝缘击穿。

对于转子波绕组，为了判断绕组三相电流不平衡的原因，通常先检查有无并头套短接；接着检查三相绕组的连接是否有错（出线头位置是否正确，节距是否弯错）；最后打开三相绕组中性点的连接线，检查有无相间短接或两处对地击穿。如转子绕组已绑扎好，不易凭外观来检查绕组节距，可将三相绕组中的中性点连接松开，用万用表查明各绕组的并头套；如果每相的并头套数等于绕组的每极每相槽数，且各极相组均匀分布在圆周上，则表明连接正确。

如果被试绕组的三相电流平衡，但数值偏高，在同一外施电压下的电流与同型号电机相差±3%以上，则可能是绕组并联支路数、极对数接错，或Y、△连接错误（这类错误远远大于±3%），或所有线圈匝数、节距与图样不符。

注意：被试绕组及铁芯上不准放置磁性物品，以免使一部分线圈电抗增大，人为造成三相电流不平衡。

7.4 潜水电机绕组的检查与试验



7.4.1 耐水绝缘导线线圈绕制与检验

（1）定子线圈绕线与检验

按照所修理的充水式潜水电机定子线圈的有关数据进行绕线。将绕好的定子线圈浸入室温清水中，12h后测量线圈的绝缘电阻。

（2）质量要求

线圈浸入室温水12h后的绝缘电阻，对聚乙烯绝缘的线圈应不小于300MΩ，对聚氯乙烯绝缘的线圈应不小于60MΩ；导线表面的尼龙护套层或绝缘层不允许有擦伤、刺破等现象；导线长度不够时，每相线圈端部允许有一个接头，每台电机最好不超过两个接头。

7.4.2 嵌线完成后定子绕组的检验

充水式潜水电机的定子绕组嵌线完成后，应测量定子绕组的绝缘电阻，在可能的条件下及需要时，也可对定子绕组进行耐电压试验。

① 将嵌好线的定子或带绕组的定子铁芯放入水箱中，浸水12h后测量定子绕组的绝缘电阻，其值对采用聚乙烯绝缘导线绕制的定子绕组应大于250MΩ，对采用聚氯乙烯绝缘导线绕制的定子绕组应大于50MΩ。

② 三相定子绕组对地进行耐电压试验1min，试验电压为50Hz的实际正弦波形，其有效值为2260V（对额定电压为380V的电机）。

7.5 单相串励电机电枢绕组的检查与试验



检查接地、短路的方法与其他电机相同。检查绕组焊接质量和绕组与换向片是否接错，

可用万用表电阻挡依次在相邻两片换向片上测量线圈的电阻。如两片间电阻值大致相等，则为正常；如某两片间电阻值增大很多，说明存在错接或焊接不良。这时前表棒固定不动，将后表棒继续后移一片或两片换向片测量。若电阻值与前面测量的大多数线圈电阻值大致相等，则表示后一根线头与前相邻换向片的线头反接，可改换位置再测。

第8章 绕组的检修

8.1 交流电机定子绕组常见故障的检修



8.1.1 定子绕组接地故障的检修

定子绕组接地（俗称漏电）是指定子绕组与机壳直接接通，使机壳带电。造成绕组接地的原因可能是电机运行中发热、振动、受潮等使绕组绝缘性能变坏，当通电时绕组绝缘被击穿；也可能是由于定、转子铁芯相擦（扫膛）产生高温使绕组绝缘炭化造成短路；或可能是绕组重绕后，嵌线时，槽内绝缘被铁芯毛刺刺破，或在嵌线、整形时槽口绝缘被压裂，使绕组碰触铁芯；还可能是因绕组端部过长，与端盖相碰等。

检查绕组接地故障可采用万用表（电阻挡）或绝缘电阻表逐相进行测试。也可按图 8-1 串联灯泡的方法逐相进行。检查时，如发现万用表或绝缘电阻表的电阻为零，或灯泡发亮，则该相有接地故障。有的电机接地短路严重，接地点有大电流烧焦的痕迹，那就可以一目了然。否则应采取分组淘汰法找出接地故障点，即先将有接地故障的那一相绕组从中点拆开，确定接地点在该相哪一半绕组中。查出后，再把有接地故障的半个相绕组中点分成极相组（线圈组），直至某个线圈，最后找出接地故障点。

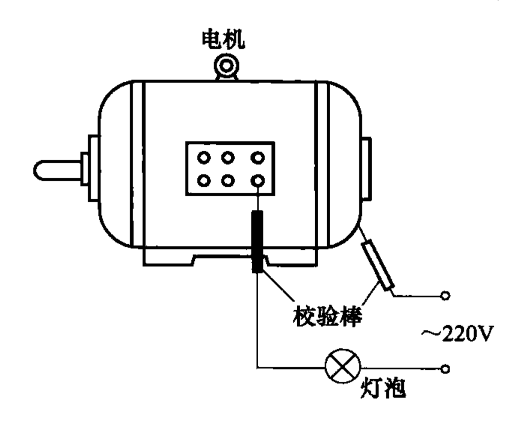


图 8 1　用串联灯泡检查定子绕组的接地故障

对接地故障的修理，应视不同情况而定。若绕组绝缘老化变质，必须更换；若是绕组端部或引出线接地，可重新包扎好局部绝缘；若接地点在槽口附近，可将绕组加热软化，用划线板撬开槽绝缘，插入大小适当的绝缘材料；如果线圈在槽内部接地，则需要更换该线圈或整个绕组。

8.1.2 定子绕组短路故障的检修

造成绕组短路的原因通常是电机长期处于过电压、欠电压、过载或两相运行（单相运行）状态；机械性损伤、绝缘老化、使用或维修中碰伤绝缘等。绕组短路将使各相绕组串联匝数不等，三相电流不平衡，磁场分布不均匀。致使电机运行时振动加剧、噪声增大、温升偏高，甚至烧毁定子绕组。

绕组短路有三种形式：匝间短路（同一只线圈内导线之间短路）；极相组短路（一个极相组的两个引出线或线圈之间短路）；相间短路（异相绕组之间发生短路）。检查绕组短路故障有以下几种方法。

（1）外观检查法

仔细检查定子绕组有无烧灼的痕迹，如有变色、烧焦的地方，则该处存在短路故障。如果故障点不明显，可给电机通电，运行几分钟后，迅速拆开端盖，用手摸绕组，凡是发生短路的部分，温度比其他地方都高。

（2）电流平衡法

使电机空载运转，用钳形电流表或其他交流电流表分别测量三相绕组中的电流。当三相电源和三相绕组都对称时，三相空载电流是平衡的。若测得某相电流大，再将三相电源相序交换后重测；如该相绕组电流仍大，则证明该相绕组有短路故障。

（3）电阻法

利用电桥或万用表低阻挡，分别测量各相绕组的直流电阻，电阻值小的一相可能有短路故障。若要具体判断是哪个极相组或线圈有短路故障，可在电桥引线或万用表表笔上各连上一只针，先后分别刺进极相组（或线圈）头尾接头处进行测量，凡电阻值明显小的极相组（或线圈）多有短路存在。

用电阻法检查绕组的相间短路时，用绝缘电阻表更为方便。若被测两相之间的绝缘电阻值明显小于正常值或为零，则该两相之间可能绝缘不良或有短路故障。

（4）短路侦察器法

短路侦察器（又称短路测试器）是利用变压器原理来检查线圈匝间短路的。其铁芯用H形硅钢片叠成，凹槽中绕有线圈，可接220V交流电源使用。

用短路侦察器检查定子绕组采用多路并联的电机时，必须把各并联支路拆开。定子绕组若是三角形（△）连接的电机时，三角形也应拆开，使绕组内不存在环流通路，才能用短路侦察器检查，否则会因环流存在而无法分清哪一个是短路线圈。

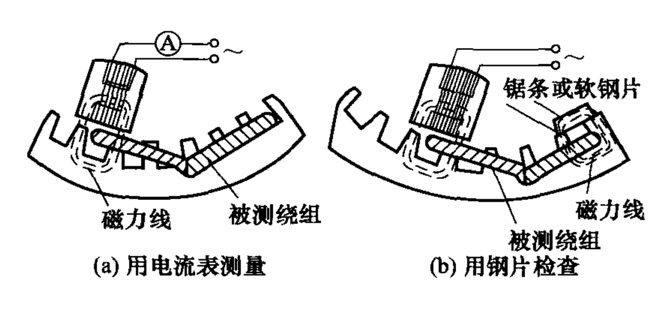


图8-2　用短路侦察器检查线圈匝间短路

用短路侦察器检查线圈匝间短路的方法如图8-2所示。将串有电流表的短路短路侦察器的开口部分放在被测电机定子铁芯槽口上，如图8-2（a）所示。这样侦察器与定子的一部分就组成一个变压器，侦察器的铁芯和定子铁芯构成变压器的磁路。侦察器的线圈相当于变压器的一次绕组，而被检查的定子铁芯槽内的线圈相当于变压器是二次绕组。将交流电通入测试器线圈，若被测定子线圈没有匝间短路，相当于变压器二次侧开路，电流表示值很小；若被测线圈有匝间短路，则相当于变压器二次绕组短路，电流表示值就会大很多。将侦察器沿着定子铁芯内圆逐槽移动，就能查出短路线圈的位置。也可不用电流表，而在被测线圈的另一个线圈边所在的槽口上面放一片薄钢片或一小段手锯条，若被测线圈有短路故障，则钢片会被定子铁芯吸引，而且发出振动声，如图8-2（b）所示，否则钢片不振动。将短路侦察器沿定子铁芯内圆逐槽移动，同时也相应地移动钢片，并保持一定的距离，这样便可检查定子绕组的全部线圈。

（5）电压降法

对有短路故障的相绕组通以低压交流电或直流电，将万用表置于相应交流电压挡，或直流电压挡，把两只表笔各连上一根针，分别刺入每个线圈组（或线圈）的首尾连接线中，测量各线圈组（或线圈）两端的电压降。若测得某线圈组（或线圈）的电压降小，则该线圈组（或线圈）内有短路故障。

查出短路故障之后，如果可以明显看出短路点，且该线圈损坏不严重，可先对其加热，使绝缘物软化，用划线板撬开导线，垫入绝缘材料，并趁热浇上绝缘漆，烘干即可。如果短路较严重，就必须拆开重绕。若一个或几个线圈短路，但大多数线圈完好时，则不必全部拆换重绕，可用穿线法拆换坏线圈。

穿线法的具体步骤如下：先把线圈加热，使绝缘物软化，然后将其端部剪断，用钳子把导线从槽内一根一根地抽出，拆出坏线圈的过程中，应注意不要损坏相邻线圈的绝缘。将坏线圈拆除后，应清理铁芯槽，换上新绝缘，或只在原绝缘上加一层聚酯薄膜即可，然后把导线一根一根地穿绕到原来匝数。穿线时，一般将导线按坏线圈总长加适当余量，从总长的中间开始穿线。穿线完毕，整理好端部，处理好端部绝缘，接线后再进行必要的测试，在符合要求后即可浸漆烘干。

有时遇到电机急需使用，一时来不及修理，可采用跳接法做应急处理，其方法是把短路线圈的一端剪断，并用绝缘材料包好端头，再把该线圈的首、末端短接起来，如图8-3所示。这样可临时减轻负载运行，待条件允许，再进行彻底修理。

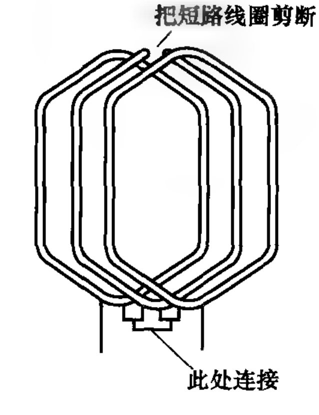
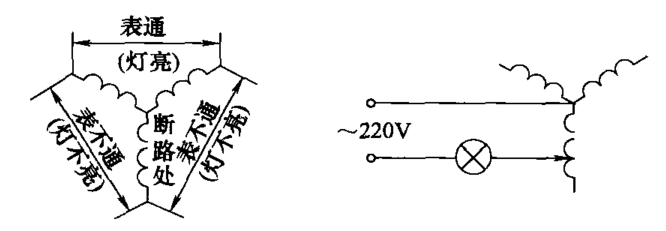


图8-3　用跳接法处理短路线圈

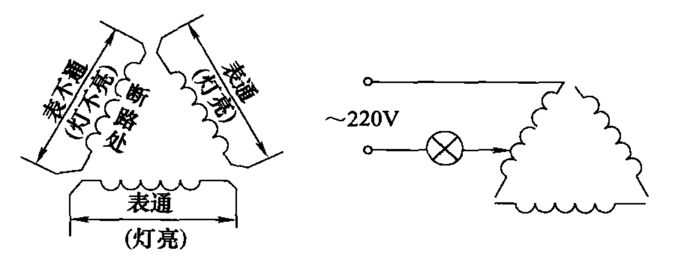
8.1.3　定子绕组断路故障的检修

定子绕组断路的主要原因通常是绕组受机械力或碰撞发生断裂；接头焊接不良在运行中脱落；绕组发生短路，产生大电流烧断电磁线等。绕组断路后，电机将无法正常启动。若电机在运行中发生断路故障，将造成三相电流不平衡、绕组发热、噪声增大、转矩下降、转速降低等。时间稍长，将导致电机烧毁。

定子绕组断路故障一般发生在绕组的端部、各线圈的接头处或电机的引出线等部位。检查绕组断路故障可采用绝缘电阻表、万用表（电阻挡）或校验灯来检查，如图8-4所示。对于星形连接的电机，检查时按图8-4（a）所示的方法找出断线相，然后再按图8-4（b）所示的方法找出断线点。对于三角形连接的电机，检查前必须先把三相绕组的接头拆开，然后按图8-4（c）所示的方法找出断线相，最后按图8-4（d）所示的方法找出断线点。



(a) 检查星形连接绕组的断线相 (b) 检查星形连接绕组的断线点



(c) 检查三角形连接绕组的断线相 (d) 检查三角形连接绕组的断线点

图8-4　检查定子绕组的断路故障

对于中等容量以上的电机，绕组多采用多根电磁线并联或多个支路并联，其中若仅断掉若干根电磁线或断开一条并联支路时，检查起来就比较复杂，通常采用以下两种方法检查。

（1）三相电流平衡法

对于星形连接的电机，在电机的三根电源线上分别串入三个电流表（也可用钳形电流表分别测量三相电流），使其空载运行，若三相电流不平衡（三相电流值相差5%以上），且又无短路现象，则电流小的一相绕组有断路故障，如图8-5（a）所示。

对于三角形连接的电机，首先要把任意一角的接头拆开，用低压交流电分别接入每相绕组，测量各相电流，则电流小的一相绕组有断路故障，如图8-5（b）所示。

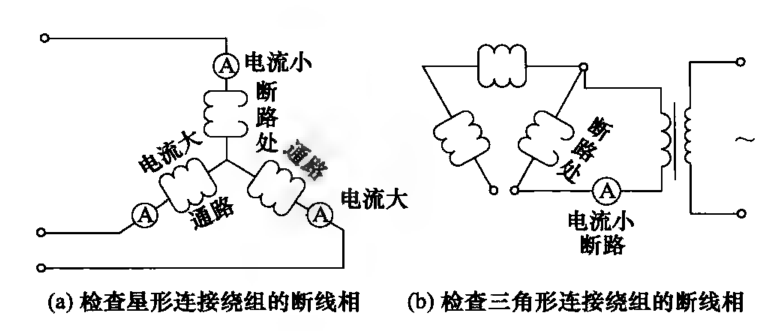


图8-5　用电流平衡法检查多支路绕组断路

（2）电阻法

若绕组为星形连接时，可用电桥分别测量每相绕组的电阻，如果三相电阻值相差5%以上，则电阻较大的一相绕组有断路故障。若绕组是三角形连接时，首先要把任意一个角的接头拆开，再用电桥分别测量每相绕组的电阻，则电阻较大的一相绕组有断路故障。

对断路故障的修理，应视不同情况而定。若断路点在铁芯槽外，又是单根导线断开，可以重新焊接好，并处理好绝缘；若是2根以上的导线断开，则应仔细查找线头、线尾，否则容易造成人为短路；若断路点在铁芯槽内，应用穿线法更换故障线圈；若绕组断路严重，必须更换整个绕组。如果电机急需使用，来不及修理，也可像短路的应急修理一样，采用跳接法做应急处理，这样可临时减轻负载运行，待条件允许，再进行彻底修理。

8.2　交流电机转子绕组常见故障的检修



笼型转子的常见故障是断条，断条会使电机出现如下异常现象：未启动的电机启动困难，带不动负载；运行中的电机转速降低，定子电流时大时小，电流表指针呈周期性摆动、电机过热、机身振动，还可能产生周期性的“嗡嗡”声。造成转子断条的原因通常是铸铝质量不良、制造工艺粗糙或结构设计不佳，也可能是使用时经常正反转启动或过载等所致。

转子断条故障一般发生在导条（又称笼条）与端环的连接处，但也可能发生在转子槽内。如果发现转子有断条现象时，可把转子从电机中拆出，仔细察看。断条处的铁芯往往由于过热而变色，据此可找到断条部位。如要没有发现变色现象，则断条可能发生在转子槽内，可采用以下两种方法检查断条位置。

（1）铁粉检查法

利用磁场能吸引铁屑的原理，在转子绕组中通入低压交流电，如图8-6所示。从零伏逐渐升高电压，转子磁场也不断增强，这时在转子上均匀地撒上铁粉，根据铁粉分布情况，即可以判断笼型转子是否有断条。若转子绕组没有断条故障，铁粉就能整齐地按转子铁芯槽排

列；若转子绕组有断条故障，则断裂的导条电流不通，导条周围没有磁场，因此该导条所在槽的槽口没有铁粉；若某一条槽口处的铁粉较少，则此槽内的导条可能存在断条点。

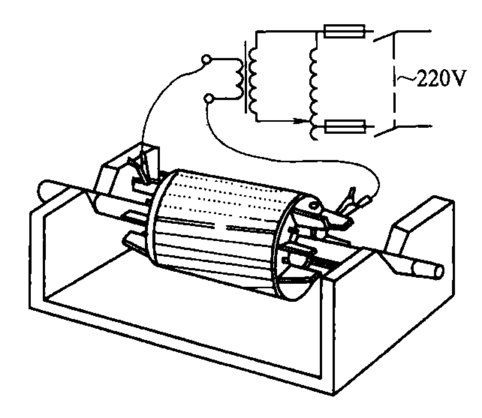


图 8-6　用铁粉检查笼型转子断条

（2）断条侦察器法

检查时，将已接通单相交流电源的断条侦察器的凹面跨在转子铁芯槽上，在该槽的另一端放上一根条形薄铁片或锯条。如果转子导条是完好的，断条侦察器会在导条中感应出电动势，并有电流流通，该电流产生磁场，使铁片发生振动，如图 8-7（a）所示。这样逐槽检查，当侦察器和薄铁片移到某铁芯槽时，铁片停止振动，则说明该铁芯槽内的导条电流不通，有断条故障。

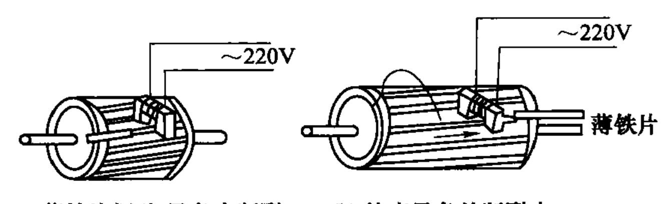


图 8-7　检查转子导条断裂示意图

查出断裂的导条后，还必须找出断裂点，如果断裂发生在导条端部，一般可以直接看出。如果断裂发生在转子槽内，可用图 8-7（b）所示的方法查找。即在转子任一端的端环上（如左端）焊上一根软导线，将侦察器放在断裂导条两边的转子齿上，在导条的另一端（如右端）放上薄铁片，然后将软导线的自由端从左端开始沿断裂导条向右移动，最初铁片不振动，说明断裂点在侦察器和软导线自由端与转子导条的接点之间，一旦软导线越过断裂点，铁片即开始振动。铁片刚振动时，软导线自由端左侧的位置即是断裂点。

转子断条后，对于铸铝转子，可以重新铸铝。如果没有铸铝的条件，可以先在断裂处钻孔，然后用丝锥绞上螺纹，拧上与导条材料相同的螺钉，把断裂处接上，待以后重新铸铝或更换转子。对于由铜条构成的笼型转子，可以采用焊接的方法，对断裂处进行修复。

绕线型转子的常见故障有接地、短路和断路。其检修方法与定子绕组常见故障的检修方法基本相同。

8.3　直流电机电枢绕组常见故障的检修



8.3.1　电枢绕组接地故障的检修

直流电机电枢绕组接地故障有两种：绕组接地和换向器接地。可用校验灯法或逐步分割法检查。

校验灯法如图 8-8 所示。用 220V 交流电源串入检验灯后，一端接电枢转轴，另一端依次接触各换向片。如果校验灯亮，说明电枢有接地点，灯最亮时，对应的换向片或该换向片所接的绕组中就有接地存在。然后将线圈接头从换向片上焊下，分别检查，就

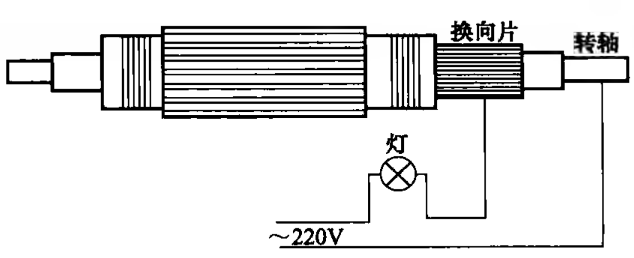


图 8-8　用校验灯法检查电枢绕组接地

能确定接地故障是在换向片上还是在绕组上。用这种检查方法，一般在接地点还有火花、烟雾及焦味出现，据此可发现接地点的位置。

如果用校验灯法不能发现准确的接地点，可使用逐步分割法进行判断。具体方法如图8-9所示。检查时先把换向器上相隔180°位置的两个换向片上的绕组引线拆下，把电枢绕组分割为互不相通的两部分。然后用500V绝缘电阻表判定接地点在哪一部分内，再把有接地故障的那一部分绕组分为两半，用绝缘电阻表进一步判断……这样逐步缩小范围，直到查出接地点。

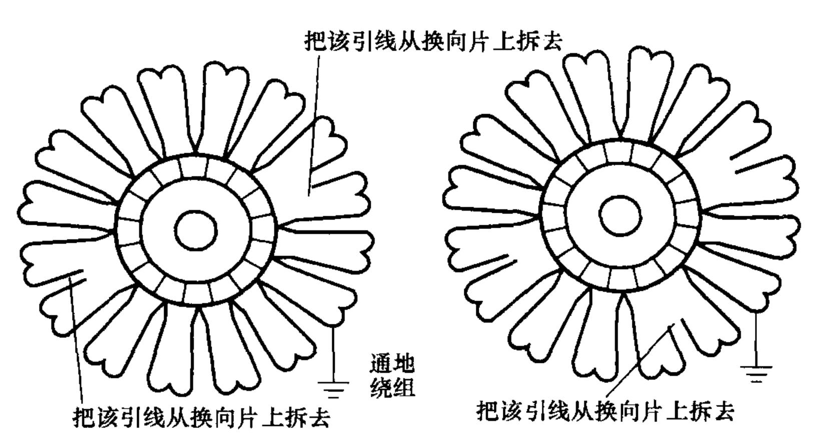


图8-9　用逐步分割法确定接地点

绕组接地常发生在槽口、槽底以及绕组引出线与换向片连接处。大多数是由于槽绝缘破裂或铁芯叠片在某处戳入绕组造成接地，若接地点明显可见，则在接地点垫上新的绝缘或调整造成接地的铁芯叠片位置，再重新垫上绝缘即可。若看不见接地点，就得重绕线圈，或采取应急措施，即将接地线圈的引线从换向片上拆下包扎好，将原来接该线圈的两个换向片短接，如图8-10所示，这样处理，要适当降低电机的额定功率。

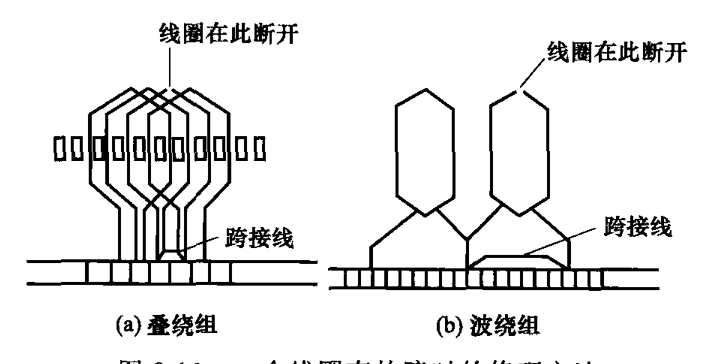


图8-10　一个线圈有故障时的修理方法

如果换向器接地，且有明显的接地点时，就需刮掉接地物，然后填充绝缘。若无明显的接地点，则应重新更换换向器。

8.3.2　电枢绕组短路故障的检修

直流电机电枢绕组短路包括：元件内部匝间短路；元件之间短路；元件由于错接（错焊）而短路；换向片间短路等。这些故障的共同特征是短路元件的匝数减少或为零，这一特征可用来判断短路的绕组元件。由于短路烧坏电枢绕组时，通过观察即能找出故障点，否则可用短路侦察器或电压降法查出故障点。

用电压降法检查短路故障如图8-11所示。电源加在相对两换向片间，用毫伏表依次测

量换向片的电压，若毫伏表读数有规律，表示元件良好；若读数突然变小，说明这两个换向片间的元件有短路故障；若毫伏表读数为零，则是换向片短路。如果读数突然升高，可能是元件断路或元件端接线与换向片脱焊所致，故用电压降法也能检查电枢绕组断路故障。

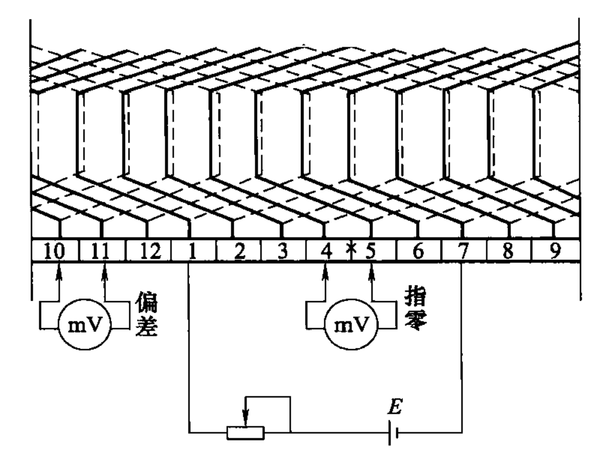


图 8-11　用电压降法检查电枢绕组短路故障

对于 4 极的波绕组，因绕组经过串联的两个绕组元件后才回到相邻的换向片上，如果其中一个元件发生短路，那么表笔接触相邻的换向片，毫伏表所示电压会下降，但无法辨别出两个元件中哪一个有故障。因此，还需把毫伏表跨接到相当于一个换向器节距的两个换向片上，才能查出有故障的元件。其检查方法如图 8-12 所示。

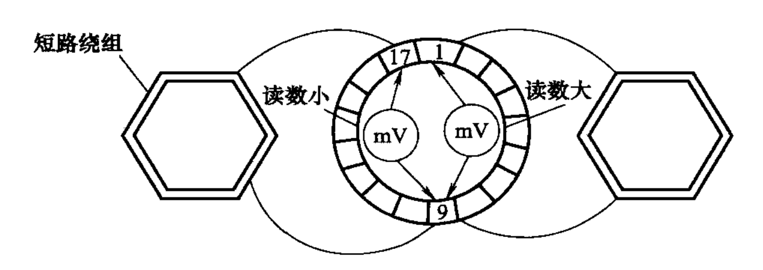


图 8-12　检查 4 极波绕组的短路故障

对于短路元件较多、绝缘烧焦变脆的情况，必须重绕。若短路元件仅一、二个，也可采取将短路元件从电枢中切除的应急措施，如图 8-10 所示。

8.3.3　电枢绕组断路故障的检修

直流电机电枢绕组断路（又称开路）故障，主要表现为电枢绕组与换向片间开焊、虚焊及绕组元件断线等。断路故障的检查方法和短路故障检查方法一样，如图 8-11 所示。

查出断路元件后，应进一步确定断路原因，再做相应处理。如果是接线松脱或脱焊，可重新焊接；若是元件内部断线，则一般需对绕组进行重绕。当必须马上恢复运行时，可采取将断路元件从电枢中切除的应急措施，如图 8-10 所示。

8.4　换向器常见故障的检修



（1）换向片间短路的检修

换向片间沟槽中因有金属屑、电刷粉或其他导体物质，而导致换向片间短路时，必须除掉这些导电物质，然后用云母粉加胶合剂填入，沟深应参考表 8-1。如果是换向片间绝缘被击穿造成短路，就必须拆开换向器，更换绝缘。

表 8-1　换向器云母片下刻深度

换向器直径/mm	云母片下刻深度/mm	换向器直径/mm	云母片下刻深度/mm
50 以下	0.5	150～300	1.2
50～150	0.8	>300	1.5

（2）换向器接地的检修

换向器如果有明显的接地点，就须刮掉接地物，然后填充绝缘。否则应拆开换向器，进行修理，或更换同规格的换向器。

（3）换向器表面划痕的修理

换向器表面划痕包括表面有凹凸不平的深槽，火花灼痕、绝缘云母凸出等。修理方法如图 8-13 所示。用 00 号砂纸贴在木质支架上（木支架应与换向器外圆吻合），转动电枢进行修磨，待换向器表面较为光洁为止。若换向器表面伤痕严重，则应先用车床精车。精车前，应首先拧紧换向器压环螺栓，车光换向器外圆后，要下刻换向器片间云母片，下刻云母片的工具如图 8-14 所示。换向器上云母片下刻后的形状见图 8-15。其下刻深度见表 8-1。

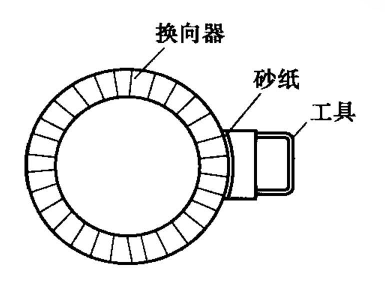


图 8-13　换向片外圆的研磨

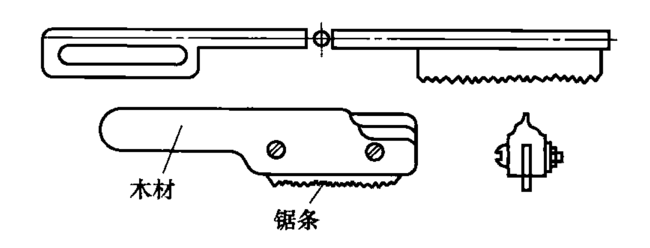


图 8-14　下刻云母片的工具

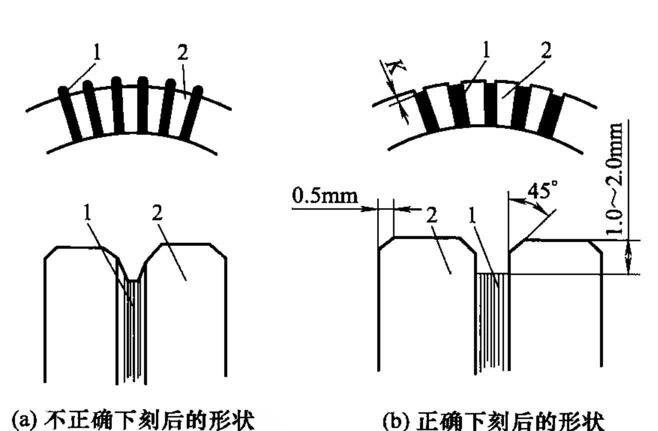
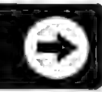


图 8-15　云母片下刻后的形状

1—云母片；2—换向片

第9章 电机绕组修理后的检查与试验

9.1 装配质量的检查



装配质量的检查包括各部分的零件是否齐全，位置是否正确，各处螺钉是否拧紧；转子转动是否灵活；有无摩擦现象；轴承运转是否正常，有无杂音，如果是滑动轴承，还应检查油杯内是否有油，用油是否清洁，油量是否充足，有无漏油现象及油环转动是否灵活。此外，还要检查引出线的标记是否正确；出线盒内接线柱和连接片是否齐全；出线套管是否完整无损；对于绕线转子电机，还应检查电刷提升短路装置的操作机构是否灵活；电刷与集电环（滑环）接触是否良好；电刷位置是否正确；电刷与刷盒（刷握）的配合是否合理。

若需测量电机轴伸偏摆时，应将电机和千分表座放在同一平板上，千分表的测针对准轴伸长度的一半处。测针靠住轴表面，慢慢转动电机转子，记下千分表读数的变动量。其值不应超过表 9-1 中规定的允许偏摆值。

表 9-1 电机轴伸的允许偏差

轴伸直径/mm	允许偏摆/mm	轴伸直径/mm	允许偏摆/mm
6～10	0.025	＞50～80	0.060
＞10～18	0.030	＞80～120	0.080
＞18～35	0.040	＞120～180	0.100
＞35～50	0.050		

9.2 电机绝缘电阻的测量



9.2.1 用绝缘电阻表测量电机的绝缘电阻

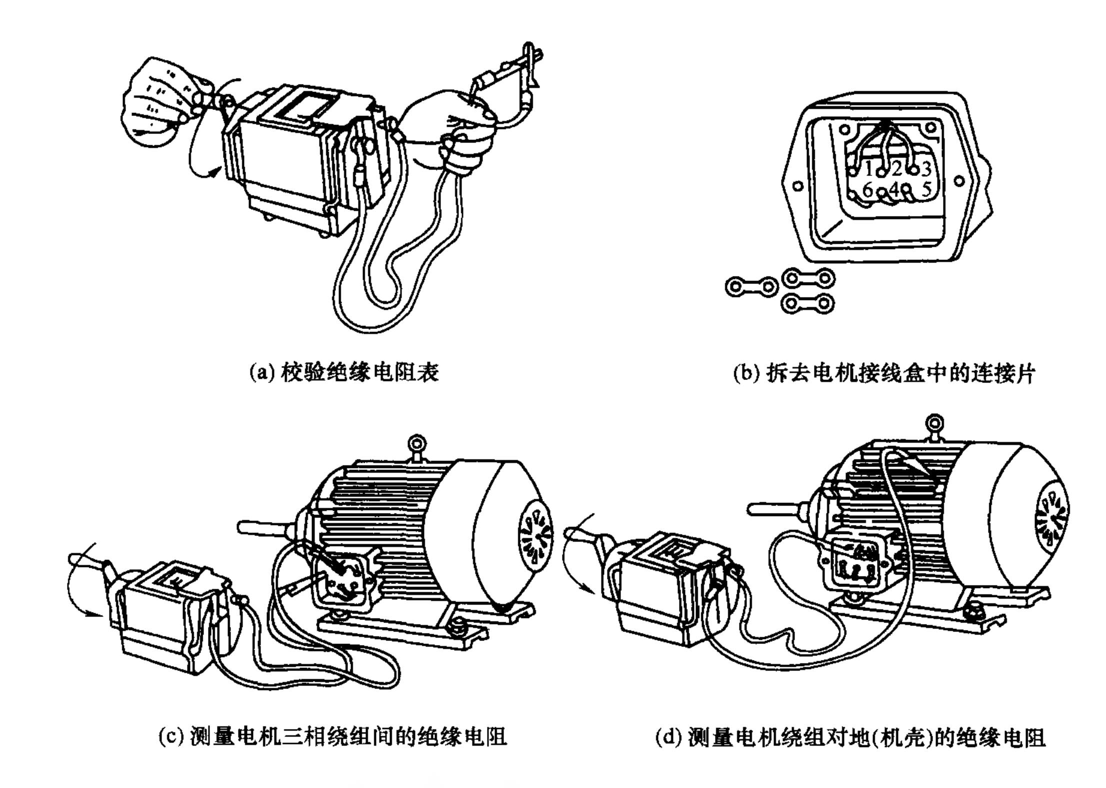
用绝缘电阻表测量电机绝缘电阻的方法如图 9-1 所示，测量步骤如下。

① 校验绝缘电阻表。把绝缘电阻表放平，将绝缘电阻表测试端短路，并慢慢摇动绝缘电阻表的手柄，指针应指在“0”位置上；然后将测试端开路，再摇动手柄（约 120r/min 左右），指针应指在“∞”位置上。测量时，应将绝缘电阻表平置放稳，摇动手柄的速度应均匀。

② 将电机接线盒内的连接片拆去。

③ 测量电机三相绕组之间的绝缘电阻。将两个测试夹分别接到任意两相绕组的端点，以 120r/min 左右的匀速摇动绝缘电阻表 1min 后，读取绝缘电阻表指针稳定的指示值。

④ 用同样的方法，依次测量每相绕组与机壳的绝缘电阻。但应注意，绝缘电阻表上标有“E”或“接地”的接线柱应接到机壳上无绝缘的地方。



(a) 校验绝缘电阻表　(b) 拆去电机接线盒中的连接片

(c) 测量电机三相绕组间的绝缘电阻　(d) 测量电机绕组对地(机壳)的绝缘电阻

图 9-1　用绝缘电阻表测量电机的绝缘电阻

测量单相异步电机的绝缘电阻时，应将电容器拆下（或短接），以防将电容器击穿。

9.2.2　用数字绝缘电阻测量仪测量电机的绝缘电阻

（1）绝缘电阻测试方法步骤

① 测试线与插座的连接。将带测试棒（红色）的测试线插头插入仪表的插座 L，将带大测试夹子的测试线的插头插入仪表的插座 E。将带表笔（表笔上带夹子）的测试线的插头插入仪表的插座 G。

② 测试接线。根据被测电气设备或电路进行接线，一般仪表的插座 E 的接线为接地线；插座 L 的接线为线路线；插座 G 的接线为屏蔽线，接在被测试品的表面（如电缆芯线的绝缘层上），以防止表面泄漏电流影响测试阻抗，从而影响测量准确度。接线时应先将转换开关置于“POWER OFF”位置，然后把大测试夹子接到被测设备的地端，带表笔的小夹子接到绝缘物表面，红色高压测试棒接线路或被测极上。

③ 额定电压选择。根据被测电气设备或电路的额定电压等级选择与之相适应的测试电压等级，这点与指针式绝缘电阻表是一样的。HDT2060 绝缘电阻测量仪有 100V、250V、500V、1000V 共 4 挡电压；HDT2061 绝缘电阻测量仪有 500V、1000V、2000V、2500V 共 4 挡电压。可以通过旋转开关进行选择。

④ 测试操作。当把测试线与被测设备或电路连接好了以后，按一下高压开关“PUSH”，此时“PUSH ON”的红色指示灯点亮，表示测试用高压输出已经接通。当测试开始后，液晶显示屏显示读数，所显示的数字即为被测设备或电路的绝缘电阻值。如果按下高压开关后，指示灯不亮，说明电池容量不足或电池连接有问题（例如极性连接有错误或接触不良）。

⑤ 关机。测试完毕后，按一下高压开关“PUSH”，此时“PUSH ON”的红色指示灯

熄灭，表示测试高压输出已经断开。将转换开关置于“POWER OFF”位置，液晶显示屏无显示。对大电感及电容性负载，还应先将测试品上的残余电荷泄放干净，以防残余电荷放电伤人，再拆下测试线。至此测试工作结束。

（2）数字绝缘电阻测量仪使用安全注意事项

① 小心高压电击。当绝缘电阻测试完毕，应对被测物品进行放电，直到听不到放电声和看不到火花为止。

② 在测量过程中，不可触摸被测的物品，小心高压电击。

③ 测量物品的绝缘电阻时，被测试品不应带电，所以在测试前应使测试品充分放电，并确认被测试品安全接地。

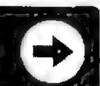
④ 测量绝缘电阻时，要防止外界电压加入测试回路。

⑤ 在测试开始前，要检查转换开关的位置及测试线的连接是否紧密。

⑥ 每次测量完毕，应将转换开关置于“POWER OFF”位置。

⑦ 仪表长期不用时，须将电池取出，防止电池漏液腐蚀线路或元器件。应将仪表存放在干燥、无尘、无腐蚀性气体、通风良好的场所。

9.3　短时升高电压试验



短时升高电压试验（匝间绝缘试验）的目的是检查定子、转子绕组匝间绝缘的介电强度。试验电压可由变压器或自耦变压器得到。由于笼型异步电机的转子绕组自身短路，故短时升高电压试验在空载运转状态下进行。但对绕线转子异步电机进行试验时，转子绕组应开路并且静止，必要时应将转子堵住。

试验时，先将电机定子绕组施以额定电压，如情况正常，就继续升高电压到额定电压的130%，试验时间为 3min。对于在 130%额定电压下空载电流超过额定电流的电机，试验时间可缩短到 1min。试验中若出现下述异常现象，则表明绕组匝间短路，须立即切断电源，以免扩大成匝间短路或对地短路。

① 电机冒烟、跳弧或发出焦味。

② 电机有强烈的振动和电磁噪声。

③ 三相电流有不正常的变化或不平衡。

④ 端电压突然下降。

⑤ 绕线转子异步电机转子开路自启动。

绕组匝间短路大多在试验过程的前 2min 内就发生。至于哪个线圈匝间短路，可根据线圈局部过热、变色、流胶和有焦味等来判别。

对于绕线转子异步电机，应在转子静止和开路时进行试验。这时，加于定子绕组的试验电压要高于额定电压的 30%，转子绕组中所感应的电压也就高于额定电压的 30%，这样就同时对定子、转子绕组进行了试验。

9.4　耐压试验



对于全部更换绕组的电机，如有条件，在修复后应进行绕组对机壳及绕组相互间绝缘介电强度试验（俗称耐压试验）。

试验电压是频率为50Hz的高压交流电，耐压试验可以发现电机的绝缘能否经受一定的高压而不击穿。试验电压见表9-2和表9-3。

表9-2　定子试验电压　V

试验阶段	1kW以下 闭口槽电机	1～3kW 半闭口槽电机	3kW以上 半闭口槽电机	3～1000kW 开口槽电机
线圈绝缘后未嵌线				$2.75U_N+4500$
嵌线后未接线	$2U_N+1000$	$2U_N+2000$	$2U_N+2500$	$2.5U_N+2500$
接线后未浸漆	$2U_N+750$	$2U_N+1500$	$2U_N+2000$	$2.25U_N+2000$
总装后	$2U_N+500$	$2U_N+1000$	$2U_N+1000$	$2U_N+1000$

注：U_N为电机额定电压。

表9-3　转子试验电压　V

试验阶段	不可逆转子	可逆转子
包绝缘未嵌线	$2U_K+3000$	$4U_K+3000$
嵌线后未接线	$2U_K+2000$	$4U_K+2000$
接线后未浸漆	$2U_K+1500$	$4U_K+1500$
总装后	$2U_K+1000$	$4U_K+1000$

注：U_K为转子绕组开路电压。

通常电机的耐压试验只对总装配完成，各部件处于正常工作状态的电机进行。而且试验应在电机静止的状态下进行。大型电机在包绝缘、嵌线、接线过程中，为了及时发现缺陷，防止返工，各工序都要进行耐压试验。

在耐压试验前，应先测量电机的绝缘电阻，如绝缘电阻低于0.5MΩ时，不得进行耐压试验。

加于被试电机的试验电压，应从不超过试验电压全值的1/3～1/2开始，逐渐地或阶段地（不超过全值的5%）升高到全值试验电压，试验电压由全值的1/3升到全值的时间宜为10～15s，全值试验电压维持1min。试验结束时，在10～15s的时间内，将试验电压逐渐降低到全值的1/3～1/2以后，再切断电源。在耐压试验中，不允许直接加全值试验电压或满压断开，以免产生操作过电压。型式试验中耐压试验最好在电机的热状态下进行。

对额定电压为380V，功率在40kW以下不重要的异步电机，其耐压试验也可用2500V的兆欧表代替。试验时，以兆欧表额定转速（120r/min左右的速度）摇动手柄。指针稳定偏转1min，无因击穿而造成的示值突然下降，即为合格。

9.5　转子开路电压的测定



绕线转子三相异步电机在转子绕组开路的情况下，与变压器相似，在定子绕组加三相额定电压，转子绕组上就有感应电压。此时，转子任意两个集电环之间的电压称为转子开路电压。定子、转子相电压之比称为变压比。测定转子开路电压的目的是检查定子、转子绕组的匝数、节距和接线是否正确。

试验时，将转子绕组开路，在定子绕组施加三相额定电压，如无匝间短路或转子开路自启动等异常现象，应同时测量定子绕组及转子集电环上的三相线电压。转子电压可通过导线接到试验台上测量，也可通过绝缘探针直接在集电环上测量，此时须注意防止集电环相间短接。

当定子三相电压对称时，转子三相开路电压最大值或最小值与平均值之差，不得超过平均值的±2%。定子外施额定电压时的转子开路电压，与设计值（即铭牌标明的转子电压）之差不得超过±5%。在确定定子绕组正常的条件下，转子绕组开路电压过高或过低，说明转子绕组的匝数、节距或接线不正确，或绕组可能有匝间短路，以及并联支路匝数不等而存在环流等缺陷。

对于转子开路电压在 600V 以上的电机，试验时可以适当降低定子绕组外施电压，以便用电压表直接测量转子电压。此时，转子电压测定值 U_2' 可按下式换算到定子绕组为额定电压时的数值：

$$U_2=U_2'\frac{U_N}{U_1}$$

式中　U_1——定子绕组外施电压，V；

U_N——定子绕组额定电压，V；

U_2'——定子绕组电压为 U_1 时，转子绕组的开路电压，V；

U_2——定子绕组电压为 U_N 时，转子绕组的开路电压，V。

测量高压电机的转子开路电压时，定子电压最好由 $(0.1\sim0.2)U_N$ 逐渐升高到所需数值，以免转子有短路回路而直接启动等。

试验时，由于电机气隙不均匀所产生的单边磁拉力和转子重量在轴承上产生的静摩擦力矩，一般能使转子处于静止状态。但采用滚动轴承的电机，轴承静摩擦力矩很小，当气隙磁场在转子铁芯、压圈、钢丝箍中感应的涡流较大时，即使转子绕组开路，转子也会慢慢转动。此时，须将转子堵住（卡住）后再测量，若转子开路电压及电机噪声正常，则表明转子无短路。

9.6　空载试验



空载试验的目的是初步检查电机装配质量，运转是否正常，有无异常噪声和振动，空载电流和损耗是否在正常波动范围内。

电机通过以上各项试验和检查后，即可在定子绕组上加上三相平衡的额定电压下空载运转，异步电机的空载时间视其容量大小而不同，一般可参考表 9-4。当电机要进行型式试验时，空载时间加倍。

表 9-4　异步电机空载运行的时间

额定功率 P_N/kW	$P_N<1$	$1\leqslant P_N<10$	$10\leqslant P_N<100$	$100\leqslant P_N<1000$	$P_N\geqslant1000$
空载运行时间/min	5	15	30	60	120

绕线型异步电机空载试验时，要将转子三相绕组短路。空载运行时，应注意电机运行速度、声音是否正常，检查铁芯、轴承是否过热，对绕线型电机，还应检查电刷下火花的大小等情况。

检查电机空载状态的同时，应测量电机的三相空载电流，空载电流的测量可使用普通电流表和钳形电流表进行。对测得的电流应作以下比较。

① 三相电流是否平衡。在三相电源实际对称时，测得的各相电流与三相平均电流之差应小于 10%。如果某相电流超过三相电流平均值 20%以上，则该相绕组有可能匝间短路和

轻微接地，或三相绕组的匝数有误。

② 空载电流是否稳定。测量电流时，电流表的指针不应有大的摆动。若电流表的指针随转子转动而摆动，则可能是转子有断条故障或定子绕组有故障。

③ 空载电流与额定电流的百分比是否超过允许范围。异步电机空载电流的大小与电机的结构、电机的性能密切相关。电机空载电流与额定电流的百分比可参考表 9-5。如果空载电流与额定电流的百分比过大，则说明电机气隙过大或定子绕组匝数偏少；若空载电流与额定电流的百分比过小，则说明定子绕组匝数偏多，可能是将三角形连接误接成星形连接或二路误接成一路等所致。

表 9-5　电机空载电流的平均值与额定电流的百分比　　%

极　数	额定功率					
	0.125kW 以下	0.125～0.5kW	0.55～2.0kW	2.2～10kW	11～50kW	55～100kW
2	70～95	45～70	40～55	30～45	25～35	18～30
4	80～96	65～85	45～60	35～55	25～40	20～30
6	85～97	70～90	50～65	35～65	30～45	22～33
8	90～98	75～90	50～70	37～70	35～50	25～35

9.7　堵转试验



堵转试验（也称短路试验）的目的，是为了测定电机的堵转电流、堵转损耗和堵转转矩，量取堵转特性、测取做圆图所需的数据，考核笼型转子的铸铝质量及转子槽形设计的合理性。

堵转试验在电机接近实际冷状态下进行。试验时，应将转子堵住。对绕线转子电机还应将转子绕组在集电环上短路。堵转试验的接线方法与空载试验时相同。

在检查试验时，应按表 9-6 中的电压值进行堵转试验。即用三相调压器加电压到表 9-6 所示的值（例如在额定电压为 380V 的电机上外加电压到 100V）时，立即读取三相电压、堵转时的电流 I_K 和损耗 P_K，然后迅速切断电源做好记录。

表 9-6　异步电机堵转试验电压

额定电压/V	220	380	600	3000	6000
堵转电压/V	60	100	170	800	1600

对于电机制造厂生产的电机，制造质量稳定时，同规格笼型异步电机，在 100V 时的堵转试验电流一般只相差 3%～6%；堵转试验损耗一般只相差 5%～10%；三相堵转试验电流的不平衡度一般也不超过 2%～3%。堵转电流偏大，一般是定子绕组匝数少、转子槽斜度不够、气隙过大、定转子铁芯未对齐等原因造成的。堵转电流偏小，一般是铸铝转子铁芯叠片错片、斜槽时槽口犬牙交错、笼型导条杂质多或有缩孔、夹渣或断条、气隙小于允许值等原因造成的。堵转电流过小，会导致最大转矩和堵转转矩下降。

9.8　超速试验和短时电流过载试验



超速试验的目的是检查电机各部分的机械强度。所有电机都应能在增高转速下支持

2min 而无有害变形。在做超速试验时，电机的转速应提高为额定转速的 120%。

试验时，可以用辅助电机拖动被试电机，也可以提高被试电机电源的频率。对于多速电机，则应对最大额定转速进行试验。

绕线型异步电机转子经大修后，如欲进行超速试验，则应首先调整电机转子的静平衡和动平衡。

短时电流过载试验的目的是检查电机各部分的机械强度，并检查在不可避免发生的过载使用条件下，电机运行是否能保证不中断。容量在 1000kW 的电机，应在 1.5 倍的额定电流下，支持 1min。

9.9 特殊电机的试验



特殊电机是三相异步电机的派生或专用产品，与普通产品的电磁设计或结构不同，都是按特殊的使用要求而设计的，因此要针对这些特殊要求进行试验。特殊电机的种类繁多，在此只列出常用的两种类型的试验特点，供试验时参考。

9.9.1 单绕组变极多速电机的试验特点

单绕组变极多速电机的定子只有一套三相绕组，是通过将部分线圈反向或换相来变换极数达到变速目的。单绕组变极多速电机的转子是笼型绕组，可以适应定子的极数变化。为了兼顾不同转速下的运行性能，定子绕组有不同规则的排列，气隙磁通中的谐波成分较高，同时定子、转子的槽配合对某一极数会不理想，因此试验时有以下特点。

① 单绕组变极多速电机的定子绕组接线比较复杂，成品试验须从检查绕组连接的正确性开始。测量定子绕组在不同极数下的直流电阻值及其三相平衡度；测量电机在各种转速下三相空载电流的数值及其平衡度；观察电机的启动和运转情况，初步判断绕组连接是否正确。试验时，要注意各种转速时的转向是否一致。

② 要分别进行各种转速时的空载试验、堵转试验、温升试验乃至电机整套的型式试验。

③ 单绕组倍极比双速电机的定子绕组，在变换极数时线圈所属的相别都不变，因此，绝缘电阻的测定和耐压试验只在一种转速下进行就可以。单绕组三速或四速电机以及部分非倍极比双速电机的定子绕组，在变换极数时要变换线圈所属的相别，所以，绝缘电阻的测定和耐压试验应对每一极数的绕组分别进行。对于具有两套定子绕组的多速电机，还应做两套绕组之间的绝缘电阻测定和耐压试验。

④ 超速试验应选在最高转速下进行一次，不必对各种转速都试验。

⑤ 由于单绕组变极多速电机气隙磁场的谐波较大，对电机的启动性能不利。所以，对各种转速都要注意测定其启动转矩、启动电流和最小转矩。

9.9.2 井用潜水电机的试验特点

井用潜水电机是与潜水泵组成一体潜入水下工作的立式专用三相笼型异步电机，具有体积小、重量轻、结构简单、安装使用方便，不需另设泵房等优点。井用潜水电机的性能试验是在水中进行的，因此转速要用振动式测速仪或其他仪器测量。其试验有如下特点。

（1）试验前检查

① 检查紧固件有无松动现象，电缆有无破损及电源电气装置是否可靠。

② 充水式电机内腔必须充满清水或专用的缓蚀水溶液；充油式电机内腔必须充满绝缘油。检查各接口处有无渗漏现象。

③ 将电机瞬间通电，检查电机转向与水泵的要求是否相符。

④ 水质为一般地下水，水中含砂量（质量比）不超过 0.01%，pH 值为 6.5～8.5，水中氯离子含量不超过 400mg/L，水温不高于 20℃。

⑤ 电机应完全潜入水中，其潜水深度应不大于 70m。

（2）内腔耐压力试验

电机组装后，应进行内腔耐压力试验。对充水式电机，其内腔所加压力为 0.05MPa，历时 5min。试验后应无渗漏现象。对充油式电机总装注油后，内腔应能承受 0.2MPa 的压力，历时 5min 而无渗漏现象。

（3）绝缘电阻的测定

井用潜水电机在进行绕组绝缘电阻测定时，应先浸于接近室温的水中达 12h，用 500V 兆欧表测得绝缘电阻值应大于 5MΩ。

（4）耐电压试验

井用潜水电机在进行定子绕组对机壳的耐电压试验时，先将电机在接近室温的水中浸 12h 后，在水中进行耐电压试验，试验电压为正弦交流电压，频率为 50Hz，对于额定电压为 380V 的三相潜水电泵，试验电压的有效值为 1760V；对于额定电压为 220V 的单相潜水电泵，试验电压的有效值为 1500V，试验历时 1min，不应发生击穿现象。

（5）温升和负载试验

井用潜水电机在进行温升和负载试验时，应按技术条件的规定组装成套后潜入试验专用的井中，其泵的出水口与试验水循环管路连接，在试验循环管路中安装有阀门、流量计及水压测量装置（水压表或水压传感器等）。通过循环管路，将水返回到试验井中。

试验时，调节出水管的阀门则可调节出水量的多少以及压力，从而达到调节负载大小的目的。

9.10 单相异步电机启动元件断开时转速的测定



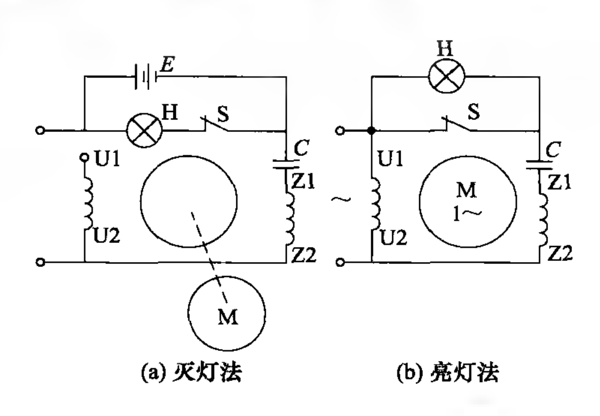


图 9-2　用“试灯法”测取启动元件断开时的转速

测取单相异步电机启动元件断开时的转速有灭灯法和亮灯法两种，其接线图如图 9-2 所示。

当采用灭灯法时，在副绕组回路中串接一只指示灯（或电压表），并施加适当电压的电源使指示灯在启动元件闭合时发亮（或使电压表指示某一数值）。并应注意将主绕组与副绕组回路断开，如图 9-2（a）所示。试验时，被试电机由其他可调速的电机拖动。使电机的转速从零开始逐渐增加，用转速表测量被试电机的转速，待指示灯突然熄灭（或电压表突然指示为零）时，记下此时被试电机的转速，此转速值即为启动元件断开时

单相异步电机的转速。

当采用亮灯法时，将指示灯（或电压表）与启动元件并联，如图 9-2（b）所示。试验时，接通被试电机的电源，用转速表测量被试电机的转速，待指示灯突然发光（或电压表突然有示值）时，记下此时电机的转速，此转速即为启动元件断开时单相异步电机的转速。

第10章 电机绕组改绕计算方法与实例

10.1 三相异步电机



10.1.1 三相异步电机电磁线代用

在笼型三相异步电机修理中，如果一时无法找到所需规格的电磁线（通称导线），就要设法用其他规格的电磁线代用，以便及时修复电机，这就需要进行一些必要的计算。当保持电磁线的电流密度和电机的槽满率基本不变时，不同规格电磁线的代用可采用下列简易计算方法：

① 改变并绕根数 n；

② 改变并联支路数 a；

③ 星形（Y）连接改为三角形（△）连接；

④ 三角形（△）连接改为星形（Y）连接。

10.1.1.1 改变并绕根数

设原电机所采用的电磁线直径为 d，截面积为 A，由 n 根电磁线并绕。现改用 n'根电磁线并绕时，在保持电机的并联支路数和接法不变的情况下。只要保证改变并绕根数后，电磁线截面积之和不变，则电流密度也不变，即

$$n'A'=nA$$

$$A'=\frac{n}{n'}A$$

或

$$d'=\sqrt{\frac{n}{n'}}d$$

式中　d，A，n——原电机所采用的电磁线直径、截面积及并绕根数；

d'，A'，n'——改变并绕根数后的电磁线直径、截面积及并绕根数。

10.1.1.2 改变并联支路数

设原电机所采用的电磁线直径为 d、截面积为 A、并绕根数为 n、并联支路为 a，若保持该电机原并绕根数 n 不变，而将其并联支路数改变为 a'时，为保证导线的电流密度不变，则电磁线的截面积应与并联支路数成反比变化，即

$$A'=\frac{a}{a'}A$$

或

$$d'=\sqrt{\frac{a}{a'}}d$$

此时，原电机的每槽导体数 N 必须相应改变，为保证改变并联支路数后，每相串联匝数（即每相每条支路的匝数）不变，则每槽导体数应与并联支路数成正比变化，即

$$N'=\frac{a'}{a}N$$

式中　N——原电机的每槽导体数（又称每槽线数）；

N'——改变并联支路数后，电机的每槽导体数（又称每槽线数）。

10.1.1.3　星形连接改为三角形连接

当外施电源电压不变时，由星形连接改成三角形连接将使电机定子绕组的相电压增加为原相电压的$\sqrt{3}$倍，即$\frac{U_{1\triangle\phi}}{U_{1Y\phi}}=\sqrt{3}$；而相电流减少为原相电流的 $1/\sqrt{3}$倍，即 $I_{1\triangle\phi}/I_{1Y\phi}=1/\sqrt{3}$，而其额定输出功率仍然不变。当改变三相绕组的连接方法后，为保证电机的气隙磁通密度不变，则每槽导体数应与定子绕组的相电压成正比变化，故

$$\frac{N_{\triangle}}{N_{Y}}=\frac{U_{1\triangle\phi}}{U_{1Y\phi}}=\sqrt{3}$$

$$N_{\triangle}=\sqrt{3}N_{Y}=1.732N_{Y}$$

式中　N_{Y}——星形连接时，电机的每槽导体数；

$N_{\triangle}$——三角形连接时，电机的每槽导体数。

此时，为保证电流密度不变，电磁线的截面积应与定子绕组的相电流成正比变化，故

$$A_{\triangle}=\frac{1}{\sqrt{3}}A_{Y}=0.577A_{Y}$$

或

$$d_{\triangle}=\sqrt{\frac{1}{\sqrt{3}}}d_{Y}=0.76d_{Y}$$

式中　d_{Y}，A_{Y}——星形连接时，电磁线的直径及截面积；

$d_{\triangle}$，$A_{\triangle}$——三角形连接时，电磁线的直径及截面积。

10.1.1.4　三角形连接改为星形连接

当外施电源电压不变时，由三角形连接改成星形连接将使电机定子绕组的相电压减少为原相电压的 $1/\sqrt{3}$倍，即 $U_{1Y\phi}/U_{1\triangle\phi}=1/\sqrt{3}$；而相电流增加为原相电流的$\sqrt{3}$倍，即 $I_{1Y\phi}/I_{1\triangle\phi}=\sqrt{3}$，而其额定输出功率仍然不变。同理，当改变三相绕组的连接方法后，为保证电机的气隙磁通密度和电磁线的电流密度不变，星形连接时电机每槽导体数 N_{Y}、导线的直径 d_{Y}及截面积 A_{Y}应按下列各式计算

$$N_{Y}=\frac{1}{\sqrt{3}}N_{\triangle}=0.577N_{\triangle}$$

$$A_{Y}=\sqrt{3}A_{\triangle}=1.732A_{\triangle}$$

或

$$d_{Y}=\sqrt{1.732}d_{\triangle}=1.316d_{\triangle}$$

10.1.1.5　电磁线代用计算实例

在实际应用中应注意如下几点。

① 当采用上述各简易计算方法，求出电磁线直径 d 后，应参考电磁线常用数据表选择与计算结果相近的电磁线标称直径（即线规）。

② 当改变电机的接法后，必须修改铭牌上所标明的接法，以免使用时误会，烧毁电机。

③ 可根据上述方法综合考虑，灵活运用，从中找出合适的线径。

④ 根据上述方法，计算出每槽导体数 N 后，应取成整数（当定子绕组为双层绕组时，应取偶数）。

⑤ 为使电机的槽满率基本不变，确定代用电磁线的直径及每槽导体数后，应对槽满率进行校核。

【例 10-1】 现有一台笼型三相异步电机，额定功率 $P_N=30kW$，极数 $2p=8$，原绕组数据为：电磁线直径 $d=1.30mm$，并绕根数 $n=3$，每槽导体数 $N=22$，并联支路数 $a=2$，三角形连接，双层叠绕组。现无 1.30mm 的电磁线，试求代用线径。

解：（1）改变并绕根数 n

并绕根数改为 2 根时的线径为

$$d'=\sqrt{\frac{n}{n'}}d=\sqrt{\frac{3}{2}}\times 1.30=1.592\ (\text{mm})$$

查电磁线规格表，取 $d'=1.60mm$。

并绕根数改为 4 根时的线径为

$$d'=\sqrt{\frac{n}{n'}}d=\sqrt{\frac{3}{4}}\times 1.30=1.126\ (\text{mm})$$

查电磁线规格表，取 $d'=1.12mm$。

（2）改变并联支路数 a

当并联支路改为 4 路，并绕根数仍为 3 时

$$d'=\sqrt{\frac{a}{a'}}d=\sqrt{\frac{2}{4}}\times 1.30=0.919\ (\text{mm})$$

$$N'=\frac{a'}{a}N=\frac{4}{2}\times 22=44\ (\text{根/槽})$$

查电磁线规格表，取 $d'=0.90mm$。

（3）三角形连接改成星形连接，并绕根数仍为 3、并联支路数仍为 2 时

$$d_{Y}=1.316d_{\triangle}=1.316\times 1.30=1.711\ (\text{mm})$$

$$N_{Y}=0.577N_{\triangle}=0.577\times 22=12.69\ (\text{根/槽})$$

取 12 根/槽。查电磁线规格表，取 $d'=1.70mm$，截面积 $A'=2.271mm^2$。但是，为了便于嵌线，一般 $d'>1.60mm$，时，应采用多根并绕，故选用两根 $d'=1.20mm$ 的导线并绕，其截面积 $A'=2\times 1.131=2.262\ (mm^2)$。

同理，还可以算出其他线径，从这些计算结果中找到手头已有的电磁线，就可以代用。

另外，为保证电机的槽满率基本不变，还应对电机的槽满率进行校核。其具体方法是，新选用电磁线的直径（包括电磁线的绝缘）的平方与其对应的每槽导体数的乘积应近似等于原电磁线的直径（包括电磁线的绝缘）的平方与原每槽导体数的乘积。

10.1.2 改变笼型三相异步电机的极数

由电机学可知，当电源频率一定时，三相异步电机的转速与电机的极数成反比。在实际工作中，有时为了生产上的需要，要改变电机绕组的连接方式，或重新改变绕组设计来改变电机的极数，使其获得所需要的转速。

改极一般较多地用于笼型异步电机。因为改变绕线转子异步电机的极数时，必须同时改变转子绕组的极数，其改极工作较为复杂，故很少采用。

改变电机极数一般有两种情况，第一种情况是不改变定子绕组中各线圈的数据，只改变极相组（即线圈组）之间的连线从而得到不同的极数；第二种情况是需要重新改变绕组

设计。

10.1.2.1　改极计算应注意的问题

电机改极计算时，必须考虑以下几个方面的问题。

① 改极的电机必须注意电机定子槽数 Z_1 与转子槽数 Z_2 的配合，并避免出现表 10-1 中所列的槽配合。否则电机可能发生强烈的噪声，甚至不能运转。

表 10-1　产生不良后果的槽配合

不良后果 \ 产生原因	定转子一阶齿谐波	转子一阶齿谐波与定子相带谐波	定转子二阶齿谐波
(1) 堵转时产生同步附加转矩	$Z_2=Z_1$	$Z_2=2pm_1k$	—
(2) 电动机运转时产生同步附加转矩	$Z_2=Z_1+2p$	$Z_2=2pm_1k+2p$	$Z_2=Z_1+p$
(3) 电磁制动运转时产生同步附加转矩	$Z_2=Z_1-2p$	$Z_2=2pm_1k-2p$	$Z_2=Z_1-p$
(4) 可能产生电磁振动和噪声	$Z_2=Z_1\pm i$ $Z_2=Z_1\pm 2p\pm i$	$Z_2=2pm_1k\pm i$ $Z_2=2pm_1k\pm 2p\pm i$	$Z_2=Z_1\pm p\pm i$

注：k 为任意正整数；$i=1, 2, 3$。

② 改极时必须考虑到电机的功率将与转速近似成正比变化，同理，电机的功率与极数近似成反比。例如，7.5kW、4 极电机改为 6 极，功率将降低为 5kW$\left(\frac{4}{6}\times 7.5=5\text{kW}\right)$。在改极前就应考虑到改极后，电机的功率是否适合配用的机械设备。

③ 由于定子铁芯的尺寸与极数有关，现将按某一极数设计的定子铁芯改作另一极数来用，定子铁芯的尺寸比例（主要是轭部高度）不尽合理。因此不宜使改极前后电机的转速相差过大。尤其是对于提高转速的改绕。例如不宜将 6 极电机改为 2 极，也不宜将 4 极电机改为 10 极。

④ 降低电机的转速时，将使电机的通风情况和散热条件变化，会影响电机的功率。

⑤ 提高电机的转速时，还应考虑转子和转轴的机械强度是否允许、轴承是否会过热等，必要时应进行验算。

⑥ 绕线转子异步电机改变极数时，必须将定子绕组和转子绕组的极数同时改变。

10.1.2.2　改变极数的计算方法与实例

(1) 改极后的线圈节距 y'（槽）

$$y'=y\frac{2p}{2p'}$$

式中　y——电机原来线圈节距（如原节距 $y=1-9$ 时，即取 $y=8$）；

$2p$，$2p'$——电机改极前、后的极数；

y'——改极后的线圈节距，应取整数（若 $y'=5$，可表示为 $y'=1-6$）。

(2) 原绕组数据已知的改极计算

① 每槽导体数（又称每槽导线数）N'（根/槽）为

$$N'=K_gN\frac{2p'a'K_{dp}}{2paK'_{dp}}$$

式中　a，a'——电机改极前、后的并联支路数；

N——电机原来每槽导体数（根/槽）；

K_g——极数改变引起气隙磁密变化的调整系数，

当将少极数改为多极数时，取 $K_g=0.9\sim0.95$，

当将多极数改为少极数时，取 $K_g=1.0\sim1.05$；

K_{dp}，K'_{dp}——电机改极前、后的绕组系数。

N' —改极后每槽导体数，应取整数，双层绕组应取偶数。

绕组系数 K_{dp} 的计算公式如下

$$K_{dp}=K_d K_p$$

式中　K_d——分布系数，可根据每极每相槽数 q 由表 10-2 查得 $\left(q=\frac{Z_1}{2pm}\right.$，其中 m 为相数，三相异步电机 $\left.m=3\right)$；

K_p——节距系数，单层绕组取 $K_p=1$，双层绕组根据节距 y 和极距 τ $\left(\tau=\frac{Z_1}{2p}\right)$ 由表 10-3 查得。

表 10-2　三相异步电机绕组分布系数 K_d

每极每相槽数 q	1	2	3	4	5	6	7	8	∞
分布系数 K_d	1.0	0.966	0.96	0.958	0.957	0.957	0.956	0.956	0.955

表 10-3　三相异步电机双层绕组节距系数 K_p

节距 y/槽	极距 τ/槽												
	24	18	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
24	1.0												
23	0.998												
22	0.991												
21	0.981												
20	0.966												
19	0.947												
18	0.924	1.0											
17	0.897	0.996											
16	0.866	0.985	1.0										
15	0.832	0.966	0.995	1.0									
14	0.793	0.94	0.981	0.995	1.0								
13	0.752	0.906	0.956	0.978	0.994	1.0							
12	0.707	0.866	0.924	0.951	0.975	0.993	1.0						
11		0.819	0.882	0.914	0.944	0.971	0.991	1.0					
10		0.766	0.831	0.866	0.901	0.935	0.966	0.99	1.0				
9		0.707	0.773	0.809	0.847	0.884	0.924	0.96	0.988	1.0			
8			0.707	0.743	0.782	0.838	0.866	0.91	0.951	0.985	1.0		
7				0.669	0.707	0.749	0.793	0.841	0.891	0.94	0.981	1.0	
6						0.663	0.707	0.756	0.809	0.866	0.924	0.975	1.0
5								0.655	0.707	0.766	0.832	0.901	0.966
4										0.643	0.707	0.782	0.866
3												0.624	0.707

② 改接后的电磁线直径 d' 或电磁线截面积 A'

$$d'=d\sqrt{\frac{N}{N'}}\text{或}A'=A\frac{N}{N'}$$

式中　d——电机原绕组电磁线直径，mm；

A——电机原绕组电磁线截面积，mm^2；

N，N'——改极前、后的每槽导体数；

A'——改极后的电磁线截面积，mm^2；

d'——改极后的电磁线的直径，mm，一般当电磁线直径大于 1.6mm 时，应采用多根并绕。

③ 改极后的电机输出功率 P'_N

$$P'_N=P_N\frac{d'^2}{d^2}$$

或

$$P'_N=P_N\frac{A'}{A}$$

式中 P_N，P'_N——改极前、后的输出功率，kW；

d，d'——改极前、后的绕组电磁线直径，mm；

A，A'——改极前、后的绕组电磁线截面积，mm^2。

【例 10-2】 现有一台笼型三相异步电机，铭牌数据为额定功率 $P_N=5.5kW$，极数 $2p=6$，额定电压 $U_N=380V$；原绕组数据为电磁线直径 $d=1.25mm$，并绕根数 $n=1$，每槽导体数 $N=42$，并联支路数 $a=1$，三角形连接，单层链式绕组，定子槽数 $Z_1=36$，线圈节距 $y=5$ 即 $y=1—6$，每极每相槽数 $q=2$。

现拟改为 4 极，绕组形式改为单层交叉式绕组，求绕组重绕数据。

解 （1）改为 4 极后线圈节距 y'

$$y'=y\frac{2p}{2p'}=5\times\frac{6}{4}=7\frac{1}{2}$$

因为采用单层交叉式绕组，故取 $y=\begin{Bmatrix}2/1-9\\1/1-8\end{Bmatrix}$（即两个大线圈节距 $y=8$，一个小线圈节距 $y=7$）。

（2）计算绕组系数

① 极距

6 极 $$\tau=\frac{Z_1}{2p}=\frac{36}{6}=6\ (\text{槽})$$

4 极 $$\tau=\frac{Z_1}{2p'}=\frac{36}{4}=9\ (\text{槽})$$

② 每极每相槽数

6 极 $$q=\frac{Z_1}{2pm}=\frac{36}{6\times3}=2$$

4 极 $$q=\frac{Z_1}{2p'm}=\frac{36}{4\times3}=3$$

③ 分布系数

根据每极每相槽数 q，由表 10-2 查得：

6 极 $K_d=0.966$

4 极 $K'_d=0.96$

④ 节距系数

双层绕组根据极距 τ 和节距 y，由表 10-3 查得：单层绕组的节距系数 $K_p=1$。

6 极 单层链式绕组 $K_p=1$。

4 极 单层交叉式绕组 $K'_p=1$。

⑤ 绕组系数

6极　　$K_{dp}=K_dK_p=0.966\times1=0.966$

4极　　$K_{dp}=K'_dK'_p=0.96\times1=0.96$

(3) 每槽导体数

改为4极后，取并联支路数 $a'=1$。

因为将多极数改为少极数，所以取气隙磁密的调整系数 $K_g=1.03$。

$$N'=K_gN\frac{2p'a'K_{dp}}{2paK'_{dp}}=1.03\times42\times\frac{4\times1\times0.966}{6\times1\times0.96}=29.02\ (\text{根/槽})$$

取 $N'=29$ 根/槽

(4) 改极后电磁线的直径 d'

$$d'=d\sqrt{\frac{N}{N'}}=1.25\sqrt{\frac{42}{29}}=1.504\ (\text{mm})$$

取 $d'=1.50\text{mm}$。

(5) 改极后电机的输出功率

$$P'_N=P_N\frac{d'^2}{d^2}=5.5\times\frac{1.50^2}{1.25^2}=7.92\ (\text{kW})$$

10.1.3　改变三相异步电机的电压

当根据生产需要，欲将原来额定电压为 U_N 的三相异步电机改在另一电压为 U'_N 的电源上运行时，需要将电机定子绕组进行改接或改绕。即改变三相异步电机的电压一般有两种方法：①通过将定子绕组改接使电机适用于另一电压；②进行重绕计算。

10.1.3.1　改压计算应注意的问题

① 用改变接线的方法来改变电压时，由于电机的主绝缘没有变动，因此应考虑原来电机的绝缘质量是否能承受改接后的电压。

② 进行重绕来改变电压时，若将低压电机改为高压电机，由于槽中绝缘的加厚，在保持槽满率基本不变的情况下，导线的截面积需减小，因此电机的容量将降低，若将高压电机改为低压电机，由于槽中绝缘的减少，可以适当增加导线的截面积，电机的容量可以适当增加，但应注意电机轴的传动功率能否增加。

③ 对于绕线转子三相异步电机，无论采用改变定子绕组接线方法，还是采用重绕定子绕组，电机的转子绕组可以不予改变。

10.1.3.2　改变定子绕组接线方式改压实例

通常改变电机的使用电压，其最简单的方法是改变连接方式（并联支路数 a 及接法），而不改变绕组，以达到节省修理成本和改压目的。它是在保持导线电流密度和每匝电压不变的前提下进行的，这样改接后，电机的温升及各部磁通密度基本保持不变。

改接到步骤如下。

① 计算改接前后的电压比 $U_j\%$

$$U_j\%=\frac{U'_N}{U_N}\times100\%$$

式中　U_N——电机原来的额定电压，V；

U'_N——改接后电机的额定电压，V。

② 查明电机原绕组的接法（如星形连接或三角形连接）及并联支路数 a。

③ 根据原绕组的接法与并联支路数在表 10-4 原绕组接法栏横行中找出与 $U_j\%$值最接近的数值 $U_b\%$，以此数值 $U_b\%$对应向上的接法便是电机所要改变电压后的接法。

表 10-4　三相绕组改变接线的电压比

原绕组接线（路数与接法）	绕组改接后的电压比															
	1 路 Y	2 路 Y	3 路 Y	4 路 Y	5 路 Y	6 路 Y	8 路 Y	10 路 Y	1 路 △	2 路 △	3 路 △	4 路 △	5 路 △	6 路 △	8 路 △	10 路 △
	电压比 $U_b\%$															
1 路 Y	100	50	33	25	20	16.6	12.5	10	58	29	19.2	14.4	11.5	9.6	7.2	5.8
2 路 Y	200	100	67	50	40	33	25	20	115.5	58	38.4	29	23	19	14.4	11.5
3 路 Y	300	150	100	75	60	50	38	30	173	86.4	58	43	35	29	21.7	17.3
4 路 Y	400	200	133	100	80	67	50	40	231	115.5	77	58	46	38.4	29	23
5 路 Y	500	250	167	125	100	83	63	50	289	144	96	72	58	48	36	29
6 路 Y	600	300	200	150	120	100	75	60	346	173	115.5	86.4	69	58	43	35
8 路 Y	800	400	267	200	160	133	100	80	462	231	154	115.5	92	77	58	46
10 路 Y	1000	500	333	250	200	167	125	100	577	289	192	144	115.5	96	72	58
1 路△	173	87	58	43	35	29	21.6	17.3	100	50	33.3	25	20	16.6	12.5	10
2 路△	346	173	115.5	87	69	58	43	35	200	100	67	50	40	33	25	20
3 路△	519	260	173	130	104	87	65	52	300	150	100	75	60	50	38	30
4 路△	693	346	231	173	138	115.5	87.5	69	400	200	133	100	80	67	50	40
5 路△	866	433	289	217	173	144	108	87.5	500	250	167	125	100	83	63	50
6 路△	1039	520	346	260	208	173	130	104	600	300	200	150	120	100	75	60
8 路△	1385	693	462	346	277	231	173	139	800	400	267	200	160	133	100	80
10 路△	1732	866	577	433	346	289	216	173	1000	500	333	250	200	167	125	100

④ 改接后的绕组并联支路数 a'与极数 $2p$ 关系必须满足下面条件，并应保证每条支路的线圈个数相等。

$$\frac{2p}{a'}=\text{整数}$$

式中　$2p$　—电机的极数；

　　a'　—改接后绕组的并联支路数。

⑤ 为确保改接后电机定子绕组的电流密度及电机的各部分的磁通密度不致变动过大，必须满足下式

$$\frac{U_j\%-U_b\%}{U_b\%}\times100\%\leqslant\pm5\%$$

式中　$U_j\%$——电压改变时计算的电压比；

　　$U_b\%$——由表 10-4 选取得电压比。

【例 10-3】　有一台三相异步电机，极数 $2p=8$，额定电压 $U_N=3000V$，并联支路数 $a=1$，星形连接。现拟改在 380V 电源上使用，应如何改接绕组？

解　① 计算电压比

$$U_j\%=\frac{U'_N}{U_N}\times100\%=\frac{380}{3000}\times100\%=12.67\%$$

② 查表 10-4 原绕组项中的 1 路星形连接一栏，查到最接近的数值是 12.5%，即$U_b\%=$

12.5%。对应于上面的接法是 8 路星形连接，即 $a'=8$。

③ 检验改装后的绕组并联支路数 a' 与极数 $2p$ 关系能否满足改接要求

$$\frac{2p}{a'}=\frac{8}{8}=1=\text{整数}$$

满足条件，可以改接。

④ 检查改接后的电压偏差

$$\frac{U_j\%-U_b\%}{U_b\%}\times100\%=\frac{12.67-12.5}{12.5}\times100\%=1.36\%<5\%$$

绕组改接后的电压偏差小于 5%，符合要求，可改接为 8 路星形连接，使用于 380V 电源上。

10.1.3.3　改变电压的重绕计算与实例

采用改变定子绕组接线方式改压既省料又省工，在改压方案中应优先考虑。但有时因并联支路数与极数的关系不能满足改接条件，或改接后的电压偏差过大时，就要将定子绕组拆除重绕。

电机绕组重绕时，其接法（星形连接或三角形连接）、每极每相槽数 q 和并联支路数 a 等，均应保持与原绕组的数据相同。为保证电机的磁通密度和电磁线的电流密度基本不变，一般可按电压与匝数成正比而与电磁线截面积成反比的关系进行改压计算，即

$$N'=N\frac{U_N'}{U_N}$$

式中　N，N'——改压前、后每槽导体数，N' 值应取整数（双层绕组时，N' 应取偶数），根/槽；

U_N，U_N'——改压前、后电机的额定电压。

$$A'=A\frac{U_N}{U_N'}$$

或

$$d'=d\sqrt{\frac{U_N}{U_N'}}$$

式中　A，A' —改压前、后电磁线截面积，mm^2；

d，d'——改压前、后电磁线直径，mm。

在电磁线截面积的计算中，没有考虑到槽绝缘的增减。若高压电机改为低压电机，由于槽绝缘物的减少，可相应选用截面积较大的电磁线，反之亦然。如果截面积 A' 值较大，亦可采用多根并绕多路并联的办法解决。

【例 10-4】　有一台三相异步电机，铭牌数据为：额定功率 $P_N=2.2kW$，极数 $2p=6$，额定电压 $U_N=420V$；原绕组数据为：电磁线直径 $d=0.71mm$，并绕根数 $n=2$，每槽导体数 $N=49$，并联支路数 $a=1$，星形连接，单层链式绕组，定子槽数 $Z_1=36$。现拟改在 380V 电源上使用，应如何重绕？

解　① 计算电压比为

$$U_j\%=\frac{U_N'}{U_N}\times100\%=\frac{380}{420}\times100\%=90.5\%$$

② 查表 10-4 原绕组项中的 1 路星形连接一栏，无接近的数据，故应进行重绕计算。

③ 改压后每槽导体数 N' 为

$$N'=N\frac{U_N'}{U_N}=49\times\frac{380}{420}=44.33\ (\text{根/槽})$$

取 $N'=44$ 根/槽。

④ 原绕组电磁线截面积 A。因为并绕根数 $n=2$，每根电磁线直径为 0.71mm，每根电磁线截面积为 0.396mm²。

所以，原绕组电磁线截面积 A 为

$$A=0.396n=0.396\times2=0.792\ (\text{mm}^2)$$

⑤ 改压后绕组电磁线截面积 A' 为

$$A'=A\frac{U_N}{U'_N}=0.792\times\frac{420}{380}=0.875\ (\text{mm}^2)$$

⑥ 确定改压后电磁线直径 d'。因为改压后电磁线截面积 0.875mm²，所以查电磁线规格表，可选用两根 $d'=0.74$mm 的电磁线并绕。由于每根电磁线截面积为 0.430mm²，所以改压后电磁线截面积为

$$A'=0.430\times2=0.86\ (\text{mm}^2)$$

10.1.4　改变三相异步电机的频率

当根据生产需要，将原来额定频率为 f_N 的电机改在另一频率为 f'_N 的电源上运行时，需要将电机绕组进行重绕或对电机的容量、电压等进行修正。例如，一台额定频率为 60Hz 的电机如果不经处理直接接到频率为 50Hz 的电源上，在电源电压不变的条件下，由于电机的每极磁通量 Φ 与外施电源的频率成反比，所以，电机的每极磁通量 Φ 将增加 20%，电机的磁通密度也将增加 20%，致使电机空载电流增高，铁损耗增大。电机将因铁损耗和铜损耗的增加而发热，甚至烧毁电机。因此，需要将电机的绕组进行重绕，或对电机的容量、电压等进行修正。最常见的措施有以下几种。

① 恒转矩变频。改频时，保持电机的转矩不变，对电机的绕组进行重绕。

② 恒功率变频。改频时，保持电机的功率不变，对电机的绕组进行重绕。

③ 改频时，保持电机的绕组不变，对电机的容量、电压等进行修正。

10.1.4.1　改频计算应注意的问题

① 由于电机的同步转速 $n_s=\frac{60f_1}{p}$，所以改频后，电机的同步转速 n_s 将随频率 f_1 成正比变化，同理电机的转速 n，也将近似随频率 f_1 成正比变化。为保证改频后电机的转速近似不变，可以在改变电机频率的同时改变电机的极对数 p。例如，一台三相异步电机，额定频率 $f_N=60$Hz，极数 $2p=10$，同步转速 $n_s=720$r/min。当接在频率 $f'_N=50$Hz 的电源上，希望电机的转速仍为 720r/min 左右时，则电机的极数 $2p$ 应取 8，这时其同步转速 n'_s 为 750r/min。改极时，要考虑定子和转子的槽配合问题。

② 当改变频率提高转速时，要校验电机转子线速度 v (m/s) 能否适应新的运行条件。

$$v=\frac{\pi D_2 n_s}{60}$$

式中　D_2——转子外径，m；

　　n_s——同步转速，r/min。

笼型转子的线速度 v 不应大于 40m/s；绕线转子的线速度 v 不应大于 30m/s。

③ 当改变频率提高转速时，由于电机通风冷却效果增强，因此重绕时的电流密度可提高 10%～15%，同理电机的输出功率将增大。

④ 当改变频率降低转速时，由于电机通风冷却变差，计算出来的输出功率应适当减小。

⑤ 当过分提高频率（如由 50Hz 提高到 200Hz 以上）时，由于电机的铁损耗和机械损耗等均增加，致使电机的效率降低，故计算出来的输出功率应适当降低 15%～30%。

⑥ 当过分降低频率（如由 50Hz 降低到 20Hz 以下）时，应对简易计算公式进行修正。例如在计算时，可适当减少一些匝数或提高一些电压。

10.1.4.2　恒转矩变频重绕的计算与实例

在进行恒转矩变频重绕时，应保持原电机的绕组形式、并绕根数 n、并联支路数 a 和接法不变，其计算方法如下。

（1）当电机的极数不变时，改变电源电压和电源频率的每槽导体数的计算公式为

$$N'=N\frac{U_1'f_1}{U_1f_1'}$$

式中　U_1，f_1，N——改绕前的电源电压，V；电源频率，Hz；电机的每槽导体数；

U_1'，f_1'，N'——改绕后的电源电压，V；电源频率，Hz；电机的每槽导体数。

（2）当电源电压不变时，改变电机的极数和电源频率的每槽导体数的计算公式为

$$N'=N\frac{f_1}{f_1'}\sqrt{\frac{p'}{p}}$$

式中　p，p'——改绕前、后电机的极对数。

（3）当电源电压和电机的极数均不变时，改变电源频率的每槽导体数的计算公式为

$$N'=N\frac{f_1}{f_1'}$$

恒转矩变频重绕时，常用的简易计算公式见表 10-5。

表 10-5　常用的变频简易计算公式

计算项目 / 改频条件	每槽导体数 N'	导线截面积或导线直径 (A'/mm²) 或(d'/mm)	输出功率 P_2'/kW 或电机转矩 T'/N·m	同步转速 n_s' /(r/min)	改频后的电机电流 I_1'/A
保持电源电压、极数和转矩不变	$N'=N\frac{f_1}{f_1'}$	$A'=A\frac{f_1'}{f_1}$或 $d'-d\sqrt{\frac{f_1'}{f_1}}$	$P_2'=P_2\ \frac{f_1'\cos\varphi'\eta'}{f_1\cos\varphi\eta}$	$n_s'=n_s\frac{f_1'}{f_1}$或 $n_s'=\frac{60f_1'}{p'}$	$I_1'=I_1\ \frac{f_1'}{f_1}$
保持电源电压、极数和输出功率不变	$N'=N\sqrt{\frac{f_1}{f_1'}}$	$A'=A\sqrt{\frac{f_1'}{f_1}}$或 $d'=d\sqrt[4]{\frac{f_1'}{f_1}}$	$T'=T\frac{f_1}{f_1'}$		$I_1'=I_1$

【例 10-5】 有一台三相异步电机，铭牌数据为：额定功率 $P_N=22$kW，极数 $2p=4$，额定电压 $U_N=380$V；额定频率 $f_N=50$Hz，额定电流 $I_N=42.3$A，额定功率因数 $\cos\varphi_N=0.86$，额定效率 $\eta_N=91.5\%$。原绕组数据为：导线直径 $d=1.3$mm，并绕根数 $n=2$，每槽导体数 $N=28$，并联支路数 $a=2$，三角形连接，双层叠绕组，转子外径 $D_2=186$mm。要求将该电机定子绕组重绕后使用在 60Hz 的电源上，并希望改绕后电源电压、电机的极数和转矩 T 不变。

解　在改频重绕时，保持原来的绕组形式、并绕根数、并联支路数和接法不变。其计算方法如下。

① 改频后每槽导体数为

$$N'=N\frac{f_1}{f_1'}=28\times\frac{50}{60}=23.33\ (根/槽)$$

因为是双层绕组，所以取 $N'=24$ 根/槽。

② 导线直径为

$$d'=d\sqrt{\frac{f_1'}{f_1}}=1.3\times\sqrt{\frac{60}{50}}=1.424\ (\mathrm{mm})$$

查电磁线常用数据表，取 $d'=1.40\mathrm{mm}$，2 根并绕。

③ 改频后的输出功率为

$$P_2'=P_2\frac{f_1'}{f_1}=22\times\frac{60}{50}=26.4\ (\mathrm{kW})$$

按此功率查阅产品样本，按相应的电机得到 $\cos\varphi'=0.87$，$\eta'=92\%$，于是得到改频后的电机的输出功率为

$$P_2'=P_2\frac{f_1'\cos\varphi'\eta'}{f_1\cos\varphi\eta}=22\times\frac{60\times0.87\times0.92}{50\times0.86\times0.915}=26.85\ (\mathrm{kW})$$

④ 改频后电机的定子电流为

$$I_1'=I_1\frac{f_1'}{f_1}=42.3\times\frac{60}{50}=50.76\ (\mathrm{A})$$

⑤ 改频前电机的同步转速 $n_s=\frac{60f_1}{p}=\frac{60\times50}{2}=1500\ (\mathrm{r/min})$

改频后电机的同步转速为

$$n_s'=n_s\frac{f_1'}{f_1}=1500\times\frac{60}{50}=1800\ (\mathrm{r/min})$$

⑥ 校验转子线速度为

$$v=\frac{\pi D_2 n_s}{60}=\frac{\pi\times0.186\times1800}{60}=17.53\ (\mathrm{m/s})$$

此值小于 40m/s，说明可以改频。

综上所述，改频后电机参数为：功率 $P_N'=26.85\mathrm{kW}$，电压 $U_N'=380\mathrm{V}$，电流 $I_N'=50.76\mathrm{A}$，并联支路数 $a=2$，三角形连接，功率因数近似为 0.87，效率近似为 92%，频率为 60Hz，同步转速为 1800r/min，极数为 4。

重绕时数据为：导线直径 $d=1.40\mathrm{mm}$，并绕极数 $n'=2$，绕组形式为双层叠绕组，每槽导体数 $N'=24$ 根。

10.1.4.3　恒功率变频重绕的计算方法

在进行恒功率变频重绕时，也应保持原电机的绕组形式、并绕根数 n、并联支路数 a 和接法不变。其计算方法如下。

（1）当电机的极数保持不变时，改变电源频率和电源电压的每槽导体数计算公式为

$$N'=N\frac{U_1'}{U_1}\sqrt{\frac{f_1}{f_1'}}$$

式中　U_1，f_1，N——改绕前的电源电压，V；电源频率，Hz；电机的每槽导体数；

　　U_1'，f_1'，N'——改绕后的电源电压，V；电源频率，Hz；电机的每槽导体数。

（2）当电源电压保持不变时，改变电源频率和电机的极数的每槽导体数的计算公式为

$$N'=N\sqrt{\frac{p'}{p}}\sqrt{\frac{f_1}{f_1'}}$$

式中　p，p'——改绕前、后电机的极对数。

（3）当电源电压和电机的极数均不变时，改变电源频率的每槽导体数的计算公式为

$$N'=N\sqrt{\frac{f_1}{f_1'}}$$

恒功率变频重绕时，常用的简易计算公式见表 10-5。

（4）常用的 50Hz 和 60Hz 变频重绕计算公式，见表 10-6。

表 10-6　常用的 50Hz 和 60Hz 变频重绕计算公式

改频条件 \ 计算项目		每槽导体数 N'	导线截面积 A'/mm^2 或导线直径 d'/mm	输出功率 P_2'/kW 或电机转矩 $T'/\text{N}\cdot\text{m}$	同步转速 $n_s'/(\text{r/min})$	改频后的电流 I_1'/A
保持电源电压、极数和转矩不变	计算公式	$N'=N\frac{f_1}{f_1'}$	$A'=A\frac{f_1'}{f_1}$ $d'=d\sqrt{\frac{f_1'}{f_1}}$	$P_2'=P_2\frac{f_1'\cos\varphi'\eta'}{f_1\cos\varphi\eta}$	$n_s'=n_s\frac{f_1'}{f_1}$	$I_1'=I_1\frac{f_1'}{f_1}$
	举例	60Hz 改 50Hz 时 $N'=1.2N$ 50Hz 改 60Hz 时 $N'=0.83N$	60Hz 改 50Hz 时 $A'=0.83A$ $d'=0.913d$ 50Hz 改 60Hz 时 $A'=1.2A$ $d'=1.095d$	60Hz 改 50Hz 时 $P_2'=0.83P_2$ 50Hz 改 60Hz 时 $P_2'=1.2P_2$ （设 $\cos\varphi$ 和 η 不变）	60Hz 改 50Hz 时 $n_s'=0.83n_s$ 50Hz 改 60Hz 时 $n_s'=1.2n_s$	60Hz 改 50Hz 时 $I_1'=0.83I_1$ 50Hz 改 60Hz 时 $I_1'=1.2I_1$
保持电源电压、极数和输出功率不变	计算公式	$N'=N\sqrt{\frac{f_1}{f_1'}}$	$A'=A\sqrt{\frac{f_1'}{f_1}}$ $d'=d\sqrt[4]{\frac{f_1'}{f_1}}$	$T'=T\frac{f_1}{f_1'}$	$n_s'=n_s\frac{f_1'}{f_1}$	$I_1'=I_1$
	举例	60Hz 改 50Hz 时 $N'=1.095N$ 50Hz 改 60Hz 时 $N'=0.913N$	60Hz 改 50Hz 时 $A'=0.913A$ $d'=0.955d$ 50Hz 改 60Hz 时 $A'=1.095A$ $d'=1.047d$	60Hz 改 50Hz 时 $T'=1.2T$ 50Hz 改 60Hz 时 $T'=0.83T$	60Hz 改 50Hz 时 $n_s'=0.83n_s$ 50Hz 改 60Hz 时 $n_s'=1.2n_s$	电流基本不变

10.2　单相异步电机



10.2.1　单相异步电机电磁线代用

在单相异步电机修理中，如果一时无法找到所需规格的电磁线，就要设法用其他规格的电磁线代用，以便及时修复电机。进行电磁线代用时，应保持定子绕组的电流密度和电机的槽满率基本不变。单相异步电机定子绕组电磁线代用，一般采用以下方法：

① 改变并绕根数 n；

② 改变并联支路数 a。

上述两种方法的简易计算与笼型三相异步电机相同，可参考 10.1.1 节。

10.2.2　改变单相异步电机的电压

当根据生产需要，欲将原来额定电压为 U_N 的单相异步电机改在另一电压为 U'_N 的电源上运行时，需要将电机定子绕组进行改接或改绕。即改变单相异步电机的电压一般有两种方法：①通过改变定子绕组的并联支路数 a 使电机适用于另一电压；②进行重绕计算。

10.2.2.1　改压计算应注意的问题

① 用改变并联支路数的方法来改变电压时，由于电机的主绝缘没有变动，因此应考虑原来电机的绝缘质量是否能承受改接后的电压。

② 进行重绕来改变电压时，若将低压电机改为高压电机，由于槽中绝缘加厚，在保持槽满率基本不变的情况下，电磁线的截面积需减小，因此电机的容量将降低。反之，若将高压电机改为低压电机，由于槽中绝缘的减少，可以适当增加电磁线的截面积，电机的容量可以适当增加。

10.2.2.2　改变定子绕组并联支路数改压与实例

通常改变单相异步电机的使用电压，其最简单的方法是只改变主、副绕组的并联支路数 a，而不重绕绕组，以达到节省修理成本和改压目的。该方法是在保持电磁线电流密度和每匝电压不变的前提下进行的，因此改接后，电机的温升及各部分的磁通密度基本保持不变，电机的容量也基本保持不变。

改变并联支路数的步骤如下。

(1) 计算电机的最大并联支路数 a_{max}

对于一般采用正弦绕组的单相异步电机，最大并联支路数 a_{max} 为

$$a_{max}=2p$$

式中　p——电机的极对数。

(2) 确定单相异步电机可以改接多少种并联支路数

确定方法是，首先假定 $a=1$、2、3……若 $\frac{2p}{a}=$整数，则假定正确；若 $\frac{2p}{a}\neq$整数，则假定错误。最后，即可确定该电机可以改接成多少种并联支路数。

(3) 计算各并联支路数 a' 所对应的电机的额定电压 U'_N 及额定电流 I'_N

设原电机的额定电压为 U_N，额定电流为 I_N，并联支路数为 a，则改变为并联支路数 a' 后，与之对应的改接后的电机的额定电压 U'_N 及额定电流 I'_N 分别为

$$U'_N=\frac{a}{a'}U_N \quad I'_N=\frac{a'}{a}I_N$$

根据不同的 a'，可以计算出一系列的 U'_N 及 I'_N。

(4) 确定改接方案

若电源电压于上述一系列的 U'_N 中的某一数值相符，则与该 U'_N 对应的 a'，即为所需改接的并联支路数，否则应进行重绕。

【例 10-6】 一台单相电阻启动异步电机，额定功率 $P_N=250$W，额定电压 $U_N=220$V，额定电流 $I_N=3.11$A，极数 $2p=4$，并联支路数 $a=1$，试判断能否通过改变并联支路数，使该电机接入电压 $U'=110$V 的电源运行。

解　(1) 计算该电机的最大并联支路数 a_{max} 为

$$a_{max}=2p=4$$

(2) 确定该电机可以改接成几种并联支路数

设 $a=1$ 时，$\frac{2p}{a}=\frac{4}{1}=4$

设 $a=2$ 时，$\frac{2p}{a}=\frac{4}{2}=2$

设 $a=3$ 时，$\frac{2p}{a}=\frac{4}{3}=1\frac{1}{3}\neq$整数

设 $a=4$ 时，$\frac{2p}{a}=\frac{4}{4}=1$

故该电机可以接成 $a=1$、2、4 三种并联支路数。

(3) 计算各并联支路数 a'所对应的额定电压 U'_N及额定电流 I'_N

因为，原电机并联支路数 $a=1$，所以

$a'=2$ 时

$$U'_N=\frac{a}{a'}U_N=\frac{1}{2}\times 220=110\text{ (V)}$$

$$I'_N=\frac{a'}{a}I_N=\frac{2}{1}\times 3.11=6.22\text{ (A)}$$

$a'=4$ 时

$$U'_N=\frac{a}{a'}U_N=\frac{1}{4}\times 220=55\text{ (V)}$$

$$I'_N=\frac{a'}{a}I_N=\frac{4}{1}\times 3.11=12.44\text{ (A)}$$

(4) 确定改接方案

由于电源电压 U' 与并联支路数 $a'=2$ 时的额定电压 U'_N相符，所以该电机可以改接成并联支路数 $a'=2$，即可用于电压 $U'=110$V 的电源，其额定电流变为 $I'_N=6.22$A。

10.2.2.3　改变电压的重绕计算与实例

采用改变定子绕组并联支路数改压既省料又省工，在改压方案中应优先考虑。但有时因并联支路数改接后的电压与电源电压偏差过大时，就需要将定子绕组拆除重绕。

单相异步电机的电压需要从 U_N 改变为 U'_N时，必须使线圈的电流密度和每匝电压尽可能保持原来的数值，这样才能使电机的损耗和各部分的磁通密度保持不变，并使电机的运行性能不变。

单相异步电机改变电压时，若保持主、副绕组的并联支路数不变，则主、副绕组匝数和导线直径的简易计算如下。

(1) 主、副绕组的匝数为

$$N'_m=\frac{U'_N}{U_N}N_m \quad N'_a=\frac{U'_N}{U_N}N_a$$

式中　U_N，N_m，N_a——原电机的额定电压，V；主绕组匝数及副绕组匝数；

U'_N，N'_m，N'_a——改绕后电机的额定电压，V；主绕组匝数及副绕组匝数。

(2) 主、副绕组的导线直径为

$$d'_m=\sqrt{\frac{U_N}{U'_N}}d_m \quad d'_a=\sqrt{\frac{U_N}{U'_N}}d_a$$

式中　U_N，d_m，d_a——原电机的额定电压，V；主绕组线径，mm；副绕组线径，mm；

U'_N，d'_m，d'_a——改绕后电机的额定电压，V；主绕组线径，mm；副绕组线径，mm。

(3) 电容器的电容量

对于电容运转电机，电容器长期处于工作状态，其容量大小，对电机的技术性能有很大影响。改压后，电容器的额定电压应随电机的电压基本成正比变化。为保持其技术性能基本不变，其电容量的计算方法如下：

$$C'=\left(\frac{U_N}{U'_N}\right)^2C$$

式中　U_N，C——原电机的额定电压，V；电容器的电容量，μF；

U'_N，C'——改绕后电机的额定电压，V；电容器的电容量，μF。

【例 10-7】 一台单相电容运转异步电机，额定功率 $P_N=90$W，额定电压 $U_N=220$V，极数 $2p=2$，主绕组每极匝数 $N_m=363$ 匝，导线直径 $d_m=0.33$mm；副绕组每极匝数 $N_a=467$ 匝，导线直径 $d_a=0.31$mm；电容器容量 $C=4\mu$F。试求电压 $U'_N=127$V 时的绕组参数。

解　(1) 主、副绕组每极匝数为

$$N'_m=\frac{U'_N}{U_N}N_m=\frac{127}{220}\times363=210\ (\text{匝})$$

$$N'_a=\frac{U'_N}{U_N}N_a=\frac{127}{220}\times467=270\ (\text{匝})$$

(2) 主、副绕组的导线直径为

$$d'_m=\sqrt{\frac{U_N}{U'_N}}d_m=\sqrt{\frac{220}{127}}\times0.33=0.434\ (\text{mm})$$

取 $d'_m=0.44$mm

$$d'_a=\sqrt{\frac{U_N}{U'_N}}d_a=\sqrt{\frac{220}{127}}\times0.31=0.408\ (\text{mm})$$

取 $d'_a=0.41$mm。

(3) 电容器的电容量为

$$C'=\left(\frac{U_N}{U'_N}\right)^2C=\left(\frac{220}{127}\right)^2\times4=12\ (\mu\text{F})$$

10.3　直流电机



10.3.1　直流电机电磁线代用

在直流电机修理中，如果一时无法找到所需规格的电磁线，就要设法用其他规格的电磁线代用，以便及时修复电机。直流电机电磁线代用通常采用改变并绕根数 n 来实现，其简易计算方法与三相异步电机改变并绕根数 n 的简易计算方法相同，可参考 10.1.1 节。

10.3.2　改变直流电机的电压

由于某种原因，电源电压与直流电机的额定电压不同时，在主磁通保持基本不变的情况下，就必须将电机的电枢绕组、励磁绕组（又称主极绕组）进行改绕。为使直流电机具有良

好的换向，换向绕组也应进行改绕。

10.3.2.1 改压计算应注意的问题

① 改压后应保持原电机电枢绕组的形式不变。

② 改压后应保持原直流电机的转速 n 不变。

③ 改压后应保持原电机电枢绕组的并联支路对数 a 不变。

10.3.2.2 改变直流电机电压的计算与实例

当改压后，保持原直流电机电枢绕组的形式、并联支路数和电机的额定转速不变时，可采用以下简易计算公式。

(1) 电枢绕组的计算

① 电枢绕组总导体数为

$$N'=\frac{U'_N}{U_N}N$$

式中 U_N——原电机的额定电压，V；

U'_N——改绕后电机的额定电压，V；

N——原电机电枢绕组总导体数；

N'——改绕后电枢绕组总导体数。

② 每槽导体数（又称每槽导线数）为

$$N'_S=\frac{N'}{Z_2} \quad 或 \quad N'_S=\frac{U'_N}{U_N}N_S$$

式中 Z_2——电枢槽数；

N_S——原电机每槽导体数；

N'_S——改绕后电机每槽导体数。

③ 每槽中电枢元件个数（又称虚槽数）u 为

$$u=\frac{K}{Z_2}$$

式中 K——换向片数，

Z_2——电枢槽数。

④ 每个元件匝数为

$$W'_y=\frac{N'_S}{2u} \quad 或 \quad W'_y=\frac{U'_N}{U_N}W_y$$

式中 W_y——原电机每个元件匝数；

W'_y——改绕后电机每个元件匝数。

⑤ 导线截面积为

$$A'_a=\frac{U_N}{U'_N}A_a$$

式中 A_a——原电机电枢绕组电磁线截面积，mm^2；

A'_a——改绕后电机电枢绕组电磁线截面积，mm^2。

(2) 并励绕组的计算

① 并励绕组电磁线截面积为

$$A'_{fb}=\frac{U_N}{U'_N}A_{fb}$$

式中 A_{fb}——原电机并励绕组电磁线截面积，mm^2；

A'_{fb}——改绕后电机并励绕组电磁线截面积，mm^2。

② 并励绕组每极匝数为

$$W'_{fb}=\frac{A_{fb}}{A'_{fb}}W_{fb}$$

式中 W_{fb}——原电机并励绕组每极匝数；

W'_{fb}——改绕后电机并励绕组每极匝数。

对于他励绕组，因为由另外电源供电，与改压没有直接关系，若励磁电源电压未变，则原来他励绕组仍可使用。如果励磁电源电压 U_{fN} 变化为 U'_{fN}，则他励绕组的电磁线截面积和每极匝数也应改绕，简易计算公式同并励绕组，但应将 U_N 和 U'_N 相应换成 U_{fN} 和 U'_{fN}。

(3) 换向极绕组的计算

① 换向极绕组每极匝数为

$$W'_h=\frac{U'_N a'_h}{U_N a_h}W_h$$

式中 W_h——原电机换向极绕组每极匝数；

W'_h——改绕后电机换向极绕组每极匝数；

a_h——原电机换向极绕组的并联支路对数；

a'_h——改绕后电机换向极绕组的并联支路对数。

② 换向极绕组电磁线截面积（$a'_h=a_h$ 时）为

$$A'_h=\frac{U_N}{U'_N}A_h$$

式中 A_h——原电机换向极绕组电磁线截面积，mm^2；

A'_h——改绕后电机换向极绕组电磁线截面积，mm^2。

(4) 串励绕组的计算

① 串励绕组每极匝数为

$$W'_{fc}=\frac{U'_N a'_c}{U_N a_c}W_{fc}$$

式中 W_{fc}——原电机串励绕组每极匝数；

W'_{fc}——改绕后电机串励绕组每极匝数；

a_c——原电机串励绕组的并联支路对数；

a'_c——改绕后电机串励绕组的并联支路对数。

② 串励绕组导线截面积（$a'_c=a_c$ 时）为

$$A'_{fc}=\frac{U_N}{U'_N}A_{fc}$$

式中 A_{fc}——原电机串励绕组电磁线截面积，mm^2；

A'_{fc}——改绕后电机串励绕组电磁线截面积，mm^2。

【例 10-8】 一台并励直流电机，已知额定电压 $U_N=220V$。电枢槽数 $Z_2=31$，换向片数 $K=93$，电枢绕组为单波绕组，并联支路数 $a=1$，电枢绕组总导体数 $N=744$。电磁线直径 $d_a=1.68mm$，其截面积为 $2.22mm^2$，并绕根数 $n=1$，电磁线截面积 $A_a=n\times2.22=1\times2.22=2.22mm^2$。并励绕组每极匝数 $W_{fb}=1780$ 匝，电磁线直径 $d_{fb}=0.51mm$，电磁线截面积 $A_{fb}=0.204mm^2$。换向极绕组每极匝数 $W_h=57$ 匝，电磁线为扁铜线，电磁线截面积

$A_h=1.25\times4.75=5.9375\text{mm}^2$。如果保持原电机电枢绕组形式，并联支路对数 a、电机的极数、电机的额定转速及换向极的并联支路对数不变，使该电机改在 $U'_N=110\text{V}$ 的电源上运行，试计算各绕组数据。

解　(1) 电枢绕组的计算

① 电枢绕组总导体数 N' 为

$$N'=\frac{U'_N}{U_N}N=\frac{110}{220}\times744=372$$

② 每槽导体数 N'_S 为

$$N'_S=\frac{N'}{Z_2}=\frac{372}{31}=12$$

③ 每槽中元件个数（虚槽数）u 为

$$u=\frac{K}{Z_2}=\frac{93}{31}=3$$

④ 每个元件匝数 W'_y 为

$$W'_y=\frac{N'_S}{2u}=\frac{12}{2\times3}=2$$

⑤ 电磁线截面积 A'_a 为

$$A'_a=\frac{U_N}{U'_N}A_a=\frac{220}{110}\times2.22=4.44\ (\text{mm}^2)$$

选用直径 $d'_a=1.68\text{mm}$ 的电磁线，其截面积为 2.22mm^2，取并绕根数 $n'=2$，则电枢绕组电磁线截面积为 $A'_a=n'\times2.22=2\times2.22=4.44\text{mm}^2$。

(2) 并励绕组的计算

① 并励绕组电磁线截面积 A'_{fb} 为

$$A'_{fb}=\frac{U_N}{U'_N}A_{fb}=\frac{220}{110}\times0.204=0.408\ (\text{mm}^2)$$

选用直径 $d_{fb}=0.72\text{mm}$ 的电磁线，其实际截面积 $A'_{fb}=0.407\text{mm}^2$。

② 并励绕组每极匝数 W'_{fb}

$$W'_{fb}=\frac{A_{fb}}{A'_{fb}}W_{fb}=\frac{0.204}{0.407}\times1780=892.2\ (\text{匝})$$

取并励绕组每极匝数 $W'_{fb}=892$ 匝。

(3) 换向极绕组的计算（取 $a'_h=a_h$）

① 换向极绕组每极匝数 W'_h

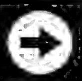
$$W'_h=\frac{U'_Na'_h}{U_Na_h}W_h=\frac{U'_N}{U_N}W_h=\frac{110}{220}\times57=28.5\ (\text{匝})$$

取换向极绕组匝数 $W'_h=29$ 匝。

② 换向极绕组电磁线截面积 A'_h 为

$$A'_h=\frac{U_N}{U'_N}A_h=\frac{220}{110}\times5.9357=11.875\ (\text{mm}^2)$$

取 $a\times b=1.4\text{mm}\times8.5\text{mm}$ 的扁铜线，其截面积 $A_h=a\times b=1.4\times8.5=11.9\text{mm}^2$。

10.4　单相串励电机 

10.4.1　单相串励电机电磁线代用

在单相串励电机修理中，如果一时无法找到所需规格的电磁线，可以设法用其他规格的电磁线代用，以便及时修复电机。单相串励电机进行电磁线代用时，通常采用改变并绕根数 n 的方法来实现。

改变并绕根数时，应保持单相串励电机的转子绕组、磁极绕组的电流密度和电机的槽满率基本不变。改变并绕根数的简易计算方法与三相异步电机改变并绕根数 n 的简易计算方法相同，可参考 10.1.1 节。

10.4.2　改变单相串励电机的电压

当根据生产需要，欲将原来额定电压为 U_N 的单相串励电机改在另一电压为 U'_N 的电源上运行时，则需要将原电机转子绕组（又称电枢绕组）和磁极绕组（又称定子绕组）进行改绕。

10.4.2.1　改压计算应注意的问题

（1）升高电压时，为获得良好的换向，必须满足下式

$$e_t=\frac{U'_N}{K}\leqslant 6\sim 8\text{V} \tag{10-1}$$

式中　e_t——相邻换向片间的换向电压，V，此值最高不宜超过 12V；

U'_N——改变后的电压，V；

K——换向器的换向片数。

（2）降低电压时要满足下式

$$j_b=\frac{I'_N}{S_b}\leqslant 6\sim 10\ (\text{A/cm}^2) \tag{10-2}$$

式中　j_b——电刷的电流密度，A/cm^2；

I'_N——电机降低工作电压后的电流，A；

S_b——电刷的截面积，cm^2。

10.4.2.2　改变电压的重绕计算与实例

（1）改压后的绕组匝数 W' 为

$$W'=\frac{U'_N}{U_N}W$$

式中　W——原电机绕组匝数；

U_N——原电机额定电压，V；

U'_N——改压后电机的额定电压，V。

（2）改压后的绕组线径 d' 为

$$d'=\sqrt{\frac{W}{W'}}d$$

式中　d——原电机绕组线径，mm。

（3）改绕后电机的电流 I' 为

$$I'_N=\frac{U_N}{U'_N}I_N$$

式中 I_N——原电机的额定电流，A。

【例 10-9】 一台单相串励电机，额定电压 $U_N=110V$，额定电流 $I_N=2.05A$，励磁绕组每极匝数 $W_f=102$ 匝，线径 $d_1=0.47mm$；转子每个线圈（又称元件）匝数 $W_y=38$ 匝，线径 $d_2=0.33mm$；换向片数 $K=10$ 片，电刷截面积 $S_b=0.94cm^2$。欲使该电机用于 $U'_N=36V$ 的电源，绕组形式不变。试求改压后绕组参数。

解 （1）验算电刷电流密度

① 电机降低电压后的额定电流 I'_N 为

$$I'_N=\frac{U_N}{U'_N}I_N=\frac{110}{36}\times 2.05=6.26\text{（A）}$$

② 改压后电刷的电流密度 j_b 为

$$j_b=\frac{I'_N}{S_b}=\frac{6.26}{0.94}=6.66\text{（A/cm}^2\text{）}$$

满足式（10-2）的要求。

（2）改压后励磁绕组的参数

① 改压后励磁绕组每极匝数 W'_f 为

$$W'_f=\frac{U'_N}{U_N}W_f=\frac{36}{110}\times 102=33.4\text{（匝）}$$

取 $W'_f=33$ 匝。

② 改压后励磁绕组线径 d'_1 为

$$d'_1=\sqrt{\frac{W_f}{W'_f}}d_1=\sqrt{\frac{102}{33}}\times 0.47=0.826\text{（mm）}$$

选用标准导线 $d'_1=0.83mm$。

（3）改压后转子绕组的参数

① 改压后转子绕组每个线圈的匝数 W'_y 为

$$W'_y=\frac{U'_N}{U_N}W_y=\frac{36}{110}\times 38=12.4\text{（匝）}$$

取 $W'_y=12$ 匝。

② 改压后转子绕组的线径 d'_2 为

$$d'_2=\sqrt{\frac{W_y}{W'_y}}d_2=\sqrt{\frac{38}{12}}\times 0.33=0.587\text{（mm）}$$

选用标准导线 $d'_2=0.59mm$。

第 11 章 常用电机使用维护与故障排除

11.1 三相异步电机使用维护与故障排除



11.1.1 电机的熔体的选择

熔体（或熔丝）的选择须考虑电机的启动电流的影响，同时还应注意，各级熔体应互相配合，即下一级熔体应比上一级熔体小。选择原则如下。

（1）保护单台电机的熔体的选择

由于笼型异步电机的启动电流很大，故应保证在电机的启动过程中熔体不熔断，而在电机发生短路故障时又能可靠地熔断。因此，异步电机的熔体的额定电流一般可按下式计算

$$I_{RN}=(1.5\sim2.5)I_N$$

式中 I_{RN}——熔体的额定电流，A；

I_N——电机的额定电流，A。

上式中的系数（1.5～2.5）应视负载性质和启动方式而选取。对轻载启动、启动不频繁、启动时间短或降压启动者，取较小值；对重载启动、启动频繁、启动时间长或直接启动者，取较大值。当按上述方法选择系数还不能满足启动要求时，系数可大于 2.5，但应小于 3。

（2）保护多台电机的熔体的选择

当多台电机应用在同一系统中，采用一个总熔断器时，熔体的额定电流可按下式计算

$$I_{RN}=(1.5\sim2.5)I_{Nm}+\Sigma I_N$$

式中 I_{RN}——熔体的额定电流，A；

I_{Nm}——启动电流最大的一台电机的额定电流，A；

ΣI_N——除启动电流最大的一台电机外，其余电机的额定电流的总和，A。

根据上式求出一个数值后，可选取等于或稍大于此值的标准规格的熔体。

另外，在选择熔断器时应注意：熔断器的额定电流应大于或等于熔体的额定电流；熔断器的额定电压应大于或等于电机的额定电压。

11.1.2 异步电机启动前的准备和检查

（1）新安装或长期停用的电机启动前的检查

① 用绝缘电阻表检查电机绕组之间与及绕组对地（机壳）的绝缘电阻。通常对额定电压为 380V 的电机，采用 500V 绝缘电阻表测量，其绝缘电阻值不得小于 0.5MΩ，否则应进行烘干处理。

② 按电机铭牌的技术数据，检查电机的额定功率是否合适，电机的额定电压、额定频率与电源电压及频率是否相符，电机的接法是否与铭牌所标一致。

③ 检查电机轴承是否有润滑油、滑动轴承是否达到规定油位。

④ 检查熔体的额定电流是否符合要求、启动设备的接线是否正确、启动装置是否灵活，有无卡滞现象、触头的接触是否良好。使用自耦变压器减压启动时，还应检查自耦变压器抽头是否选得合适、自耦变压器减压启动器是否缺油、油质是否合格等。

⑤ 检查电机基础是否稳固、螺栓是否拧紧。

⑥ 检查电机机座、电源线钢管以及启动设备的金属外壳接地是否可靠。

⑦ 对于绕线转子三相异步电机，还应检查电刷及提刷装置是否灵活、正常。检查电刷与集电环接触是否良好、电刷压力是否合适。

(2) 正常使用的电机启动前的检查

① 检查电源电压是否正常、三相电压是否平衡、电压是否过高或过低。

② 检查线路的接线是否可靠、熔体有无损坏。

③ 检查联轴器的连接是否牢固，传送带连接是否良好，传送带松紧是否合适，机组传动是否灵活，有无摩擦、卡住、窜动等不正常的现象。

④ 检查机组周围有无妨碍运动的杂物或易燃物品。

11.1.3 电机启动时的注意事项

异步电机启动时应注意以下几点。

① 合闸启动前，应观察电机及拖动机械上或附近是否有异物，以免发生人身及设备事故。

② 操作开关或启动设备时，应动作迅速、果断，以免产生较大的电弧。

③ 合闸后，如果电机不转，要迅速切断电源，检查熔丝及电源接线等是否有问题。绝不能合闸等待或带电检查，否则会烧毁电机或发生其他事故。

④ 合闸后应注意观察，若电机转动较慢、启动困难、声音不正常或生产机械工作不正常，电流表、电压表指示异常，都应立即切断电源，待查明原因，排除故障后，才能重新启动。

⑤ 应按电机的技术要求，限制电机连续启动的次数。对于Y系列电机，一般空载连续启动不得超过3～5次。满载启动或长期运行至热态，停机后又启动的电机，不得连续超过2～3次。否则容易烧毁电机。

⑥ 对于笼型电机的星-三角启动或利用补偿器启动，若是手动延时控制的启动设备，应注意启动操作顺序和控制好延时长短。

⑦ 多台电机应避免同时启动，应由大到小逐台启动，以避免线路上总启动电流过大，导致电压下降太多。

11.1.4 改变三相异步电机转向的方法

由三相异步电机的工作原理可知，电机的旋转方向（即转子的旋转方向）与三相定子绕组产生的旋转磁场的旋转方向相同。倘若要想改变三相异步电机的旋转方向，只要改变其三相绕组产生的旋转磁场的旋转方向就可实现。即只要把三相异步电机的三相绕组与三相电源接线中的任意两根电源线对调，就可以改变三相异步电机中旋转磁场的转向，也就能达到改变三相异步电机旋转方向的目的，如图11-1所示。

11.1.5 三相异步电机运行时的监视

正常运行的异步电机，应经常保持清洁，不允许有水滴、油滴或杂物落入电机内部；应监视其运行中的电压、电流、温升及可能出现的故障现象，并针对具体情况进行处理。

(1) 电源电压的监视

三相异步电机长期运行时，一般要求电源电压不高于额定电压的 10%，不低于额定电压的 5%；三相电压不对称的差值也不应超过额定值的 5%，否则应减载或调整电源。

A B C S FU U1 V1 W1 M 3~ n
(a) 改变前
A B C S FU U1 V1 W1 M 3~ n
(b) 改变后

图 11-1 改变三相异步电动机旋转方向的方法

(2) 电机电流的监视

电机的电流不得超过铭牌上规定的额定电流，同时还应注意三相电流是否平衡。当三相电流不平衡的差值超过 10%时，应停机处理。

(3) 电机温升的监视

监视温升是监视电机运行状况的直接可靠的方法。当电机的电压过低、电机过载运行、电机缺相运行、定子绕组短路时，都会使电机的温度不正常地升高。

所谓温升，是指电机的运行温度与环境温度（或冷却介质温度）的差值。例如环境温度（即电机未通电的冷态温度）为 30℃，运行后电机的温度为 100℃，则电机的温升为 70℃。电机的温升限值与电机所用绝缘材料的绝缘等级有关。

没有温度计时，可在确定电机外壳不带电后，用手背去试电机外壳温度。若手能在外壳上停留而不觉得很烫，说明电机未过热；若手不能在外壳上停留，则说明电机已过热。

(4) 电机运行中故障现象的监视

对运行中的异步电机，应经常观察其外壳有无裂纹，螺钉（栓）是否有脱落或松动、电机有无异响或振动等。监视时，要特别注意电机有无冒烟和异味出现，若嗅到焦糊味或看到冒烟，必须立即停机处理。

对轴承部位，要注意轴承的声响和发热情况。当用温度计法测量时，滚动轴承发热温度不许超过 95℃，滑动轴承发热温度不许超过 80℃。轴承声音不正常和过热，一般是轴承润滑不良或磨损严重所致。

对于联轴器传动的电机，若中心校正不好，会在运行中发出响声，并伴随着电机的振动和联轴器螺栓、胶垫的迅速磨损。这时应重新校正中心线。

对于带传动的电机，应注意传动带不应过松而导致打滑，但也不能过紧而使电机轴承过热。

对于绕线转子异步电机还应经常检查电刷与滑环间的接触及电刷磨损、压力、火花等情况。如发现火花严重，应及时整修滑环表面，校正电刷弹簧的压力。

另外，还应经常检查电机及开关设备的金属外壳是否漏电和接地不良。用验电笔检查发现带电时，应立即停机处理。

11.1.6 三相异步电机的定期维护

在电机的运行过程中，除了要加强日常维护外，为了保证电机的安全运转和延长电机的

使用寿命，还应进行定期维修。定期维修可分为定期小修和定期大修两种。前者不需拆开电机，后者需把电机全部拆开进行维修。

（1）定期小修

定期小修是对电机及启动设备的一般清理和检查，不进行大的拆卸。小修应经常进行，一般情况下一个季度一次。小修的主要项目见表 11-1。

表 11-1　电机定期小修检查项目表

项　　目	检查内容
清理电机	1. 清除电机外部的污垢 2. 测量绝缘电阻 3. 检查电机外壳、风扇、风罩等有无损伤
检查和清理电机接线部分	1. 清理接线盒污垢 2. 检查接线部分螺钉是否松动、损坏 3. 拧紧各连接点 4. 检查接地是否可靠
检查各紧固部分螺钉和接地线	1. 检查地脚螺栓是否紧固 2. 检查电机端盖、轴承盖等螺钉是否紧固
检查传动装置	1. 检查传动装置是否可靠，传动带松紧是否适中 2. 检查传动装置是否良好，有无损坏
检查轴承	1. 检查轴承是否缺油，有无漏油 2. 检查轴承有无噪声及磨损情况
检查和清理启动设备	1. 清除外部污垢，检查触头有无烧伤 2. 检查接地是否可靠，测量绝缘电阻 3. 检查三相触头是否同时接触
绕线转子电机	1. 调整电刷压力 2. 检查电刷磨损情况，电刷磨损 1/3 就需换新

（2）定期大修

定期大修应结合生产机械的大修进行。一般情况下一年一次。大修要拆开电机，进行全面检查，彻底清扫和修理。大修的主要项目见表 11-2。

表 11-2　电机定期大修检查项目表

项　　目	检查内容
清理电机及启动设备	1. 清除电机表面及内部各部分的油泥和污垢 2. 清洗电机轴承 3. 检查各零部件是否齐全，有无磨损
检查电机绕组有无故障	1. 检查绕组有无接地、短路、断路现象 2. 检查转子有无断路 3. 检查绝缘电阻是否符合要求
检查电机定、转子铁芯是否相擦	1. 检查定、转子铁芯有无松动和其他缺陷 2. 检查定、转子铁芯是否有相擦痕迹，如有应修正
检查控制电器和测量仪表及保护装置	1. 检查控制电器触点是否良好，接线是否紧密可靠 2. 检查各种仪表是否良好 3. 检查保护装置动作是否正确可靠
检查传动装置	1. 检查联轴器是否牢固 2. 检查连接螺钉有无松动 3. 检查传动带松紧程度是否合适，齿轮啮合是否良好
试车检查	1. 测量绝缘电阻是否符合要求 2. 检查安装是否牢固 3. 检查各转动部分是否灵活 4. 检查电压、电流是否正常 5. 检查是否有不正常的振动和噪声

对拆开的电机和启动设备进行清理时，要注意观察绕组的绝缘情况。若绝缘为暗褐色或深棕色，说明绝缘已经老化，对这种绝缘要特别注意不要碰撞使它脱落。若发现有脱落应进行局部绝缘修复和刷漆。

11.1.7　三相异步电机的常见故障及其排除方法

异步电机的故障是多种多样的，同一故障可能有不同的表面现象，而同样的表面现象也可能由不同的原因引起，因此，应认真分析，准确判断，及时排除。

三相异步电机的常见故障及其排除方法见表 11-3。

表 11-3　三相异步电机的常见故障及其排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
电机空载不能启动	1. 熔丝熔断 2. 三相电源线或定子绕组中有一相断线 3. 刀开关或启动设备接触不良 4. 定子三相绕组的首尾端错接 5. 定子绕组短路 6. 转轴弯曲 7. 轴承严重损坏 8. 定子铁芯松动 9. 电机端盖或轴承盖组装不当	1. 更换同规格熔丝 2. 查出断线处，将其接好、焊牢 3. 查出接触不良处，予以修复 4. 先将三相绕组的首尾端正确辨出，然后重新连接 5. 查出短路处，增加短路处的绝缘或重绕定子绕组 6. 校正转轴 7. 更换同型号轴承 8. 先将定子铁芯复位，然后固定 9. 重新组装，使转轴转动灵活
电机不能满载运行或启动	1. 电源电压过低 2. 电机带动的负载过重 3. 将三角形连接的电机误接成星形连接 4. 笼型转子导条或端环断裂 5. 定子绕组短路或接地 6. 熔丝松动 7. 刀开关或启动设备的触点损坏，造成接触不良	1. 查明原因，待电源电压恢复正常后再使用 2. 减少所带动的负载，或更换大功率电机 3. 按照铭牌规定正确接线 4. 查出断裂处。予以焊接修补或更换转子 5. 查出绕组短路或接地处，予以修复或重绕 6. 拧紧熔丝 7. 修复损坏的触头或更换为新的开关设备
电机三相电流不平衡	1. 三相电源电压不平衡 2. 重绕线圈时，使用的漆包线的截面积不同或线圈的匝数有错误 3. 重绕定子绕组后，部分线圈接线错误 4. 定子绕组有短路或接地 5. 电机“单相”运行	1. 查明电压不平衡的原因，予以排除 2. 使用同规格的漆包线绕制线圈，更换匝数有错误的线圈 3. 查出接错处，并改接过来 4. 查出绕组短路或接地处，予以修复或重绕 5. 查出线路或绕组断线或接触不良处，并重新焊接好
电机的温度过高	1. 电源电压过高 2. 欠电压满载运行 3. 电机过载 4. 电机环境温度过高 5. 电机通风不畅 6. 定子绕组短路或接地 7. 重绕定子绕组时，线圈匝数少于原线圈匝数，或导线截面积小于原导线截面积 8. 定子绕组接线错误 9. 电机受潮或浸漆后未烘干 10. 多支路并联的定子绕组，其中有一路或几路绕组断路 11. 在电机运行中有一相熔丝熔断 12. 定、转子铁芯相互摩擦（又称扫膛）	1. 调整电源电压或待电压恢复正常后再使用电机 2. 提高电源电压或减少电机所带动的负载 3. 减少电机所带动的负载或更换大功率的电机 4. 更换特殊环境使用的电机或降低环境温度，或降低电机的容量使用 5. 清理通风道里淤塞的泥土；修理被损坏的风叶、风罩；搬开影响通风的物品 6. 查出短路或接地处，增加绝缘或重绕定子绕组 7. 按原数据重新改绕线圈 8. 按接线图重新接线 9. 重新对电机进行烘干后再使用 10. 查出断路处，接好并焊牢 11. 更换同规格熔丝 12. 查明原因，予以排除，或更换为新轴承

续表

常见故障	可 能 原 因	排 除 方 法
轴承过热	1. 装配不当使轴承受外力 2. 轴承内无润滑油 3. 轴承的润滑油内有铁屑、灰尘或其他脏物 4. 电机转轴弯曲，使轴承受到外界应力 5. 传动带过紧	1. 重新装配电机的端盖和轴承盖，拧紧螺钉，合严止口 2. 适量加入润滑油 3. 用汽油清洗轴承，然后注入新润滑油 4. 校正电机的转轴 5. 适当放松传动带
电机启动时熔丝熔断	1. 定子三相绕组中有一相绕组接反 2. 定子绕组短路或接地 3. 工作机械被卡住 4. 启动设备操作不当 5. 传动带过紧 6. 轴承严重损坏 7. 熔丝过细	1. 分清三相绕组的首尾端，重新接好 2. 查出绕组短路或接地处，增加绝缘，或重绕定子绕组 3. 检查工作机械和传动装置是否转动灵活 4. 纠正操作方法 5. 适当调整传动带 6. 更换为新轴承 7. 合理选用熔丝
运行中产生剧烈振动	1. 电机基础不平或固定不紧 2. 电机和被带动的工作机械轴心不在一条线上 3. 转轴弯曲造成电机转子偏心 4. 转子或带轮不平衡 5. 转子上零件松弛 6. 轴承严重磨损	1. 校正基础板，拧紧底脚螺栓，紧固电机 2. 重新安装，并校正 3. 校正电机转轴 4. 校正平衡或更换为新品 5. 紧固转子上的零件 6. 更换为新轴承
运行中产生异常噪声	1. 电机"单相"运行 2. 笼型转子断条 3. 定、转子铁芯硅钢片过于松弛或松动 4. 转子摩擦绝缘纸 5. 风叶碰壳	1. 查出断相处，予以修复 2. 查出断路处，予以修复，或更换转子 3. 压紧并固定硅钢片 4. 修剪绝缘纸 5. 校正风叶
启动时保护装置动作	1. 被驱动的工作机械有故障 2. 定子绕组或线路短路 3. 保护动作电流过小 4. 熔丝选择过小 5. 过载保护时限不够	1. 查出故障，予以排除 2. 查出短路处，予以修复 3. 适当调大 4. 按电机规格选配适当的熔丝 5. 适当延长
绝缘电阻降低	1. 潮气侵入或雨水进入电机内 2. 绕组上灰尘、油污太多 3. 引出线绝缘损坏 4. 电机过热后，绝缘老化	1. 进行烘干处理 2. 清除灰尘、油污后，进行浸渍处理 3. 重新包扎引出线 4. 根据绝缘老化程度，分别予以修复或重新浸渍处理
机壳带电	1. 引出线与接线板接头处的绝缘损坏 2. 定子铁芯两端的槽口绝缘损坏 3. 定子槽内有铁屑等杂物未除尽，导线嵌入后即造成接地 4. 外壳没有可靠接地	1. 应重新包扎绝缘或套一绝缘管 2. 仔细找出绝缘损坏处，然后垫上绝缘纸，再涂上绝缘漆并烘干 3. 拆开每个线圈的接头，用淘汰法找出接地的线圈，进行局部修理 4. 将外壳可靠接地

11.2　变极多速电机使用维护与故障排除



由于变极多速异步电机的结构与一般三相异步电机的结构相似，因此其使用、维修也基本相同。不同的是定子绕组的接线，所以变极多速异步电机在试车前要检查定子绕组的接线是否正确，然后根据不同极数，分别单独通电试车，试车前还应注意以下几点。

① 测量绕组的直流电阻时，应在各种不同极数的接线方法下分别测量。

② 测量双绕组多速异步电机的绝缘电阻时，要分别测量两套绕组的绝缘电阻及两套绕组之间的绝缘电阻。

③ 对双绕组多速异步电机进行耐压试验时，也要分别对两套绕组进行试验。

④ 空载试验应在各种极数下逐一进行。

11.3　单相异步电机使用维护与故障排除



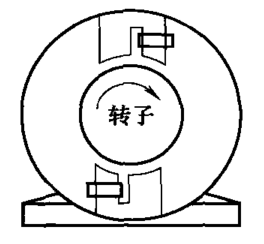
11.3.1　改变单相异步电机转向的方法

11.3.1.1　改变分相式单相异步电机转向的方法

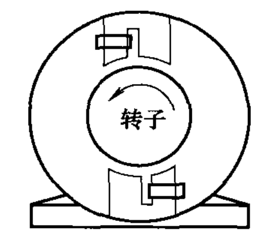
分相式单相异步电机旋转磁场的旋转方向与主、副绕组中电流的相位有关，由具有超前电流的绕组的轴线转向具有滞后电流的绕组的轴线。如果需要改变分相式单相异步电机的转向，可把主、副绕组中任意一套绕组的首尾端对调一下，接到电源上即可。

11.3.1.2　改变罩极式单相异步电机转向的方法

罩极式单相异步电机旋转磁场的旋转方向是从磁通领先相绕组的轴线（Φ_U 的轴线）转向磁通落后相绕组的轴线（Φ_V 的轴线），这也就是电机转子的旋转方向。在罩极式单相异步电机中，磁通 Φ_U 永远领先磁通 Φ_V，因此，电机转子的转向总是从磁极的未罩部分转向被罩部分，即使改变电源的接线，也不能改变电机的转向。如果需要改变罩极式单相异步电机的转向，则需要把电机拆开，将电机的定子或转子反向安装，才可以改变其旋转方向，如图 11-2 所示。



(a) 调头前转子为顺时针方向旋转



(b) 调头后转子为逆时针方向旋转

图 11-2　将定子调头装配来改变罩极式单相异步电机的转向

11.3.2　单相异步电机电容器的选择

电容器电容量的选择与单相异步电机的功率、电压、频率和设计要求有关，可由计算得出。当单相异步电机的额定电压为 220V，额定频率为 50Hz 时，可参考表 11-4 选取。工作电容可选用额定电压为 500V 的金属纸介电容器、密封浸蜡电容器或油浸电容器；启动电容器可选用额定电压为 500V 的电解电容器，其通电时间一般不得超过 3min。

表 11-4　单相异步电机用电容器电容量的选择

电机功率/W	4	6	10	16	25	40	60	90	120	180	250	370	550	750
电机极数	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4
工作电容/μF	1	1	1	1/2	2	2	4	4	4	6	8			
启动电容/μF									75	75	75/100	100	150	200/150

11.3.3 单相异步电机使用注意事项

单相异步电机的运行与维护和三相异步电机基本相似。但是，单相异步电机在结构上有它的特殊性：有启动装置，包括离心开关或启动继电器；有启动绕组及电容器；电机的功率小，定、转子之间的气隙小。如果这些部件发生了故障，必须及时进行检修。

使用单相异步电机时应注意以下几点。

① 改变分相式单相异步电机的旋转方向时，应在电机静止时或电机的转速降低到离心开关的触点闭合后，再改变电机的接线。

② 单相异步电机接线时，应正确区分主、副绕组，并注意它们的首尾端。若绕组出线端的标志已脱落，电阻大的绕组一般为副绕组。

③ 更换电容器时，应注意电容器的型号、电容量和工作电压，使之与原规格相符。

④ 拆装离心开关时，用力不能过猛，以免离心开关失灵或损坏。

⑤ 离心开关的开关板与后端盖必须紧固，开关板与定子绕组的引线焊接必须可靠。

⑥ 紧固后端盖时，应注意避免后端盖的止口将离心开关的开关板与定子绕组连接的引线切断。

11.3.4 单相异步电机的常见故障及其排除方法

11.3.4.1 分相式单相异步电机的常见故障及其排除方法

分相式单相异步电机的常见故障及其排除方法，见表11-5。

表11-5 分相式单相异步电机的常见故障及其排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
电源电压正常，通电后电机不能启动	1. 电机引出线或绕组断路 2. 离心开关的触点闭合不上 3. 电容器短路、断路或电容量不够 4. 轴承严重损坏 5. 电机严重过载 6. 转轴弯曲	1. 认真检查引出线、主绕组和副绕组，将断路处重新焊接好 2. 修理触点或更换离心开关 3. 更换与原规格相符的电容器 4. 更换新轴承 5. 检查负载，找出过载原因，采取适当措施消除过载状况 6. 将弯曲部分校直或更换转子
电机空载能启动或在外力帮助下能启动，但启动迟缓且转向不定	1. 副绕组断路 2. 离心开关的触点闭合不上 3. 电容器断路 4. 主绕组断路	1. 查出断路处，并重新焊接好 2. 检修调整触点或更换离心开关 3. 更换同规格电容器 4. 查出断路处，并重新焊接好
电机转速低于正常转速	1. 主绕组短路 2. 启动后离心开关触点断不开，副绕组没有脱离电源 3. 主绕组接线错误 4. 电机过载 5. 轴承损坏	1. 查出短路处，予以修复或重绕 2. 检修调整触点或更换离心开关 3. 查出接错处并更正 4. 查出过载原因并消除 5. 更换新轴承
启动后电机很快发热，甚至烧毁	1. 主绕组短路或接地 2. 主绕组与副绕组之间短路 3. 启动后，离心开关的触点断不开，使启动绕组长期运行而发热，甚至烧毁 4. 主、副绕组相互接错 5. 电源电压过高或过低 6. 电机严重过载 7. 电机环境温度过高 8. 电机通风不畅 9. 电机受潮或浸漆后未烘干 10. 定、转子铁芯相摩擦或轴承损坏	1. 重绕定子绕组 2. 查出短路处予以修复或重绕定子绕组 3. 检修调整离心开关的触点或更换离心开关 4. 检查主、副绕组的接线，将接错处予以纠正 5. 查明原因，待电源电压恢复正常以后再使用 6. 查出过载原因并消除 7. 应降低环境温度或降低电机的容量使用 8. 清理通风道，恢复被损坏的风叶、风罩 9. 重新进行烘干 10. 查出相摩擦的原因，予以排除或更换轴承

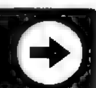
11.3.4.2　罩极式单相异步电机的常见故障及其排除方法

罩极式单相异步电机的常见故障及其排除方法，见表 11-6。

表 11-6　罩极式单相异步电机的常见故障及其排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
通电后电机不能启动	1. 电源线或定子主绕组断路 2. 短路环断路或接触不良 3. 罩极绕组断路或接触不良 4. 主绕组短路或被烧毁 5. 轴承严重损坏 6. 定、转子之间的气隙不均匀 7. 装配不当，使轴承受外力 8. 传动带过紧	1. 查出断路处，并重新焊接好 2. 查出故障点，并重新焊接好 3. 查出故障点，并焊接好 4. 重绕定子绕组 5. 更换新轴承 6. 查明原因，予以修复。若转轴弯曲应校直 7. 重新装配，上紧螺钉，合严止口 8. 适当放松传送带
空载时转速太低	1. 小型电机的含油轴承缺油 2. 短路环或罩极绕组接触不良	1. 填充适量润滑油 2. 查出接触不良处，并重新焊接好
负载时转速不正常或难于启动	1. 定子绕组匝间短路或接地 2. 罩极绕组绝缘损坏 3. 罩极绕组的位置、线径或匝数有误	1. 查出故障点，予以修复或重绕定子绕组 2. 更换罩极绕组 3. 按原始数据重绕罩极绕组
运行中产生剧烈振动和异常噪声	1. 电机基础不平或固定不紧 2. 转轴弯曲造成电机转子偏心 3. 转子或皮带轮不平衡 4. 转子断条 5. 轴承严重缺油或损坏	1. 校正基础板，拧紧底脚螺钉，紧固电机 2. 校正电机转轴或更换转子 3. 校平衡或更换新品 4. 查出断路处，予以修复或更换转子 5. 清洗轴承，填充新润滑油或更换轴承
绝缘电阻降低	1. 潮气侵入或雨水进入电机内 2. 引出线的绝缘损坏 3. 电机过热后，绝缘老化	1. 进行烘干处理 2. 重新包扎引出线 3. 根据绝缘老化程度，分别予以修复或重新浸渍处理

11.4　潜水电泵使用维护与故障排除



11.4.1　潜水电泵安装前的注意事项

① 潜水泵电机用电缆应可靠地固定在泵管上，避免与井壁相碰。不允许将电缆当绳索使用。

② 电机应有可靠的接地措施。如果限于条件，没有固定的地线时，可在电源附近或潜水电泵使用地点附近的潮湿土地中埋入 2m 的金属棒作为地线。

③ 井用潜水泵使用前，应先对井径、水深度、水质情况进行测量检查，符合要求后才允许装机运行。

④ 使用前应检查各零部件的装配是否良好，紧固件是否松动。充水式电机内腔必须充满清水，充油式电机必须充满绝缘油，并检查绝缘电阻。当测得的冷态绝缘电阻值低于 1MΩ 时，应检查定子绕组绝缘电阻降低的原因，排除故障，使绝缘电阻恢复到正常值后才能使用，否则可能造成潜水电机定子绕组的损坏。

⑤ 对于充油式潜水电泵和干式潜水电泵应检查电机内部或密封油室内是否充满了油，如果未按规定加满，应补充注满至规定油面；对于充水式潜水电泵，电机内腔应充满清水或按制造厂规定配制的水溶液。

⑥ 检查过载保护开关是否与潜水电机的规格相符，以使潜水电泵在使用中发生故障时，

能得到可靠的保护而不至于损坏潜水电机的定子绕组。

⑦ 使用前应先试验电机转向，如不符合转向箭头的转向，应更正。

11.4.2　潜水电泵的使用

① 电泵潜入水中后，应再一次测量绝缘电阻，以检查电缆与接头的绝缘情况。

② 运转过程中应注意电流、电压值，且注意有无振动和异常声音。如发现中途水量减少或中断，应查明原因后再继续使用。

③ 电泵不允许打泥浆水，更不能埋入河泥中工作，否则使电泵散热不良，工作困难，会缩短电泵使用寿命，甚至烧坏电机绕组。如果水中含砂量增加，密封块也容易磨损。在河流坑塘提水时，最好把电泵放在篮筐中再将泵吊起在水中架空使用，以免杂物扎进叶轮。

④ 合理选用启动保护装置，必须设有过载保护和短路保护。

⑤ 电泵启动前不需要引水，停止后不得立即再启动，否则负载过重，启动电流过大，使电机过热。

⑥ 潜水电泵一般不应脱水运转，如需在地面上进行试运转时，其脱水运行时间一般不应超过 2min。充水式潜水电泵如电机内部未充满清水或不能充满清水（过滤循环式）时，严禁脱水运转。

11.4.3　潜水电泵的保养

① 放水：电泵在运转 300h 后，需将电泵底部的放水封口塞螺栓松开，进行放水检查，如图 11-3 所示。因电泵在运转时，有可能少量的水渗进机体。放出来的水或油水混合物如不超过 20mL，电泵仍可以继续使用。若超过时，应检查密封磨块磨损情况或放水封口塞的橡胶衬垫是否损伤，经检修后方可使用。

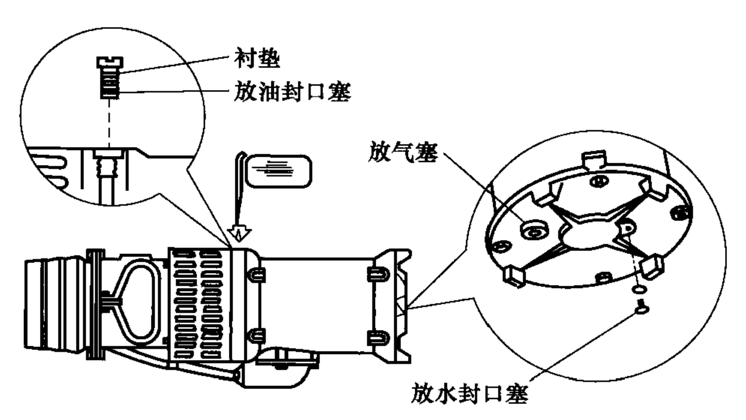


图 11-3　电泵放水和加油的方法

② 换油：电泵中部的油室里充满了 10 号机油，起润滑和冷却密封磨块的作用。如果磨块磨损，水及其他杂质渗入，将使油变脏并含有水分。所以每次放水时也应同时检查油的质量。如油质不好应及时换油。10 号机油可用变压器油代替。在换油过程中要检查封口塞的衬垫是否损伤。

③ 潜水电机应每年检修一次，更换易损零件。

④ 机械密封装置重新装配前，动静磨块的工作面应重新研磨。

⑤ 充水电机在存放期间应放尽电机内腔的清水。如存放时间过长，使用前应检查密封胶圈有无老化现象。

11.4.4 潜水电泵的定期检查与维护

潜水电泵在水下运行，使用条件比较恶劣，平时又难以直接观察潜水电泵在水下运行的情况，因此应经常对潜水电泵进行定期的检查与维护。

① 应经常利用停机间隙测量潜水电机的绝缘电阻。停机后立即测得的定子绕组对地的热态绝缘电阻值，对于充水式潜水电泵应不低于 0.5MΩ；对于充油式、干式和屏蔽式潜水电泵应不低于 1MΩ；如果测量冷态绝缘电阻，一般应不低于 5MΩ。潜水电机定子绕组的绝缘电阻若低于上述值，一般应进行仔细的检查，然后进行修理。

② 对潜水电机运行电流应进行经常的监视，若三相电流严重不平衡或运行电流逐渐变大，甚至超过额定电流时，应尽快停机进行检查和修理。

③ 对潜水电泵的运行情况应进行经常的监视，如发现流量突然减少或有异常振动或噪声时，应及时停机，进行检查和修理。

④ 潜水电泵使用满一年（对频繁使用的潜水电泵，可适当缩短时间），应进行定期的检查和修理，更换油封、O 形圈等易损件及磨损的过流零件。

11.4.5 潜水电泵的常见故障及其排除方法

潜水电泵的常见故障及其排除方法见表 11-7。

表 11-7　潜水电泵的常见故障及其排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
电泵不能启动	1. 熔丝熔断 2. 电源电压过低 3. 电缆接头损坏 4. 三相电源有一相或两相断线 5. 电机定子绕组断路或短路 6. 定子绕组烧坏 7. 电泵的叶轮卡住，轴承损坏，定子与转子的摩擦严重	1. 排除引起故障的因素，更换熔丝，重新启动 2. 将电压调整到额定值 3. 更换接头 4. 修复断线 5. 检修定子绕组 6. 修复定子绕组 7. 清除堵塞物或更换轴承，调整定子与转子的间隙
电泵出水量不足	1. 叶轮倒转 2. 叶轮磨损或损坏 3. 滤网、叶轮、出水管被堵 4. 电泵及泵管漏水 5. 转速过低 6. 电机转子端环、导条断裂 7. 定子绕组短路	1. 调换电机的任意两根接线 2. 修复或更换叶轮 3. 清除堵塞物 4. 检修漏水处 5. 提高转速 6. 修理或更换转子 7. 检修定子绕组
电泵突然不转	1. 电源断电 2. 开关跳闸或熔丝熔断 3. 定子绕组烧坏 4. 叶轮被杂物阻塞或轴瓦抱轴	1. 等通电后再启动 2. 排除引起故障的因素，更换熔丝后再启动 3. 修复定子绕组 4. 清除阻塞物，修理或更换轴瓦
运行声音不正常	1. 叶轮与导流壳摩擦 2. 电泵入水太浅 3. 轴承损坏 4. 三相电源有一相断线，导致单相运行 5. 定子绕组局部短路 6. 定子铁芯在机座内松动，铁芯损坏	1. 修理或更换叶轮 2. 必须放在水下 0.5～3 米深处 3. 更换轴承 4. 检查电机和开关的接线、熔丝及电缆，修复断线，更换熔断的熔丝 5. 检修定子绕组 6. 检修或更换铁芯

续表

常见故障	可能原因	排除方法
电机定子绕组烧坏	1. 电源电压过低 2. 三相电源有一相断线，致使电机单相运行 3. 水中含泥沙过多，致使电机过载 4. 电泵叶轮被杂物堵塞 5. 电机露出水面运行的时间过长 6. 电机陷入泥沙中，散热不良 7. 电机启动、停机过于频繁 8. 电缆破损后渗水，定子绕组受潮 9. 电泵密封失效，定子绕组进水	排除引起故障的因素，修理或更换定子绕组

11.5 深井泵用电机使用维护与故障排除



11.5.1 深井泵用电机使用注意事项

① 因为深井泵的传动轴很长，安装难度较大，在安装时应仔细检查各部件完好情况。电机安装在露天时，必须加遮盖保护措施。

② 深井水泵用立式电机一般采用满压启动，如果电网（变压器）容量小，直接启动有困难时，允许采用降压启动。电机启动时，应注意电机转向。

③ 深井水泵传动轴的橡胶导轴承是用泵管中所充满的水进行润滑的。运转前，泵管中尚未充水，应对橡胶轴承进行预润滑。通过出水节上的预置孔，注入润滑水，预润滑3～5min，方可启动。

④ 深井水泵运行时，深井中的动水位不应降低到水泵进水管附近，以免造成因动水位下降过大，使出水量急剧减少，引起水泵的振动，导致电机和水泵的损坏。

11.5.2 深井泵用电机运行中的检查与监视

为了保证深井水泵装置的安全可靠运行，应经常进行检查与监视。

① 检查电机轴承的温度和油池中润滑油面的高度，电机下轴油池中的油温不得超过95℃，并应保持清洁。

② 定时记录电机的电压、电流和水泵的压力、输水量及各部分的温度等参数。如发现电机的电压、电流和水泵的压力、输水量等出现不正常情况，或电机运转中出现不正常的响声等，应立即停止立式深井水泵装置的使用，并进行检查。

③ 对止逆装置应经常检查。电机启动时，应注意电机转向。

11.5.3 深井泵用电机的维护与保养

为了保证深井水泵装置的正常工作，减小故障率，延长使用寿命，除了配备合适的控制保护设备和进行规范化的操作外，还应进行定期的检查和维护工作。当运行中深井水泵装置出现故障时，应及时排除，查明原因，进行修复。

① 深井水泵装置的使用环境应经常保持干燥。立式电机表面应保持清洁，进风口不应受尘土、纤维等杂物的阻碍，保证通风道畅通无阻。

② 电机周围不应放置热源，也尽量不要在户外直射阳光下使用，以免运行中过热造成损坏。

③ 深井水泵装置运行时，应经常注意有关仪表的读数，并定时记录水泵运行中的有关参数（如电机的电压、电流、绝缘电阻；水泵的流量、扬程等）和运行时间。

④ 运行中如发现有任何不正常的响声，应立即停车进行检查。如发现电机的防逆转装置失去作用时，必须进行检修，清除污物，使其能良好地工作。

⑤ 电机控制装置的过电流保护或短路保护连续发生动作时，应检查故障是来自电机过载还是保护装置整定值太低。如果是保护装置的整定值太低，应调整保护装置的整定值至合理的数值；如果是因电机过载造成，应及时检查电机过载的原因，消除过载故障才可重新投入运行。

⑥ 每次运行中因故停车时，应注意检查电机油标的油位，如发现油位面低于油标的一半时，应及时补充新油，以保证电机轴承的可靠润滑。

⑦ 立式专用电机停止使用，并要存放一定时间之前，应进行如下工作。

a. 彻底清除立式专用电机内外的积尘，并检查各零部件是否完整、良好。

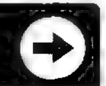
b. 立式专用电机所有的通风窗口都应加以遮盖，以防止灰尘进入电机内部。

c. 立式专用电机零部件易生锈的部分应涂以防锈油或其他防锈剂。

⑧ 立式专用电机保存在仓库不用时，应按原包装储放，仓库内需保持干燥，通风良好；仓库内温度应保持在 0℃以上。

⑨ 对储存的电机应定期检查是否受潮，有无生锈情况，以便确定是否需要改善储存条件。

11.6 直流电机使用维护与故障排除



11.6.1 改变直流电机转向的方法

直流电机旋转方向由其电枢导体受力方向来决定，如图 11-4 所示。根据左手定则，当电枢电流的方向或磁场的方向（即励磁电流的方向）两者之一反向时，电枢导体受力方向即改变，电机旋转方向随之改变。但是，如果电枢电流和磁场两者方向同时改变时，则电机的旋转方向不变。

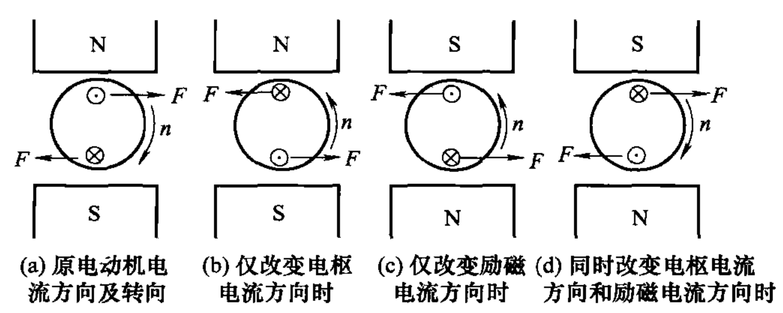


图 11-4　直流电机的受力方向和转向

在实际工作中，常用改变电枢电流的方向来使电机反转。这是因为励磁绕组的匝数多，电感较大，换接励磁绕组端头时火花较大，而且磁场过零时，电机可能发生“飞车”事故。

11.6.2　使用串励直流电机的注意事项

因为串励直流电机空载或轻载时，$I_f=I_a\approx 0$，磁通Φ很小，由电路平衡关系可知，电枢只有以极高的转速旋转，才能产生足够大的感应电动势E_a与电源电压U相平衡。若负载转矩为零，串励直流电机的空载转速从理论上讲，将达到无穷大。实际上因电机中有剩磁，串励直流电机的空载转速达不到无穷大，但转速也会比额定情况下高出很多倍，以致达到危险的高转速，即所谓“飞车”，这是一种严重的事故，会造成电机转子或其他机械的损坏。所以，串励直流电机不允许在空载或轻载情况下运行，也不允许采用传动带等容易发生断裂或滑脱的传动机构传动，而应采用齿轮或联轴器传动。

11.6.3　直流电机使用前的准备及检查

① 清扫电机内部及换向器表面的灰尘、电刷粉末及污物等。

② 检查电机的绝缘电阻，对于额定电压为500V以下的电机，若绝缘电阻低于0.5MΩ时，需进行烘干后方能使用。

③ 检查换向器表面是否光洁，如发现有机械损伤、火花灼痕或换向片间云母凸出等，应对换向器进行保养。

④ 检查电刷边缘是否碎裂、刷辫是否完整，有无断裂或断股情况，电刷是否磨损到最短长度。

⑤ 检查电刷在刷握内有无卡涩或摆动情况、弹簧压力是否合适，各电刷的压力是否均匀。

⑥ 检查各部件的螺钉是否紧固。

⑦ 检查各操作机构是否灵活，位置是否正确。

11.6.4　直流电机运行中的维护

① 注意电机声音是否正常，定、转子之间是否有摩擦。检查轴承或轴瓦有无异声。

② 经常测量电机的电流和电压，注意不要过载。

③ 检查各部分的温度是否正常，并注意检查主电路的连接点、换向器、电刷刷辫、刷握及绝缘体有无过热变色和绝缘枯焦等不正常气味。

④ 检查换向器表面的氧化膜颜色是否正常，电刷与换向器间有无火花，换向器表面有无炭粉和油垢积聚，刷架和刷握上是否有积灰。

⑤ 检查各部分的振动情况，及时发现异常现象，消除设备隐患。

⑥ 检查电机通风散热情况是否正常，通风道有无堵塞不畅情况。

11.6.5　直流电机的常见故障及其排除方法

直流电机的常见故障及其排除方法见表11-8。

表11-8　直流电机的常见故障及其排除方法

常见故障		可能原因	排除方法
发电机	发电机电压不能建立	1. 并励绕组两出线端接反 2. 励磁回路电阻过大或有开路	1. 对调并磁绕组两出线端 2. 调节磁场变阻器到最小；检查回路有无断线及接头松动

续表

常见故障		可能原因	排除方法
发电机	发电机电压不能建立	3. 并励或复励电机中没有剩磁	3. 重新充磁;用外加直流电源与励磁绕组瞬时接通,充磁时,注意电源极性应与绕组极性相同
		4. 励磁绕组短路或并励绕组与串励绕组、换向极绕组之间短路	4. 查出短路点并排除
		5. 电机旋转方向错误	5. 改变电机转向
		6. 转速太低	6. 测量电机转速是否与铭牌规定相符,否则应提高转速
		7. 电枢绕组短路或换向片间短路	7. 查出短路点并排除
		8. 电刷偏离中性线太多	8. 调整电刷位置,使之接近中性线
		9. 电刷过短或弹簧压力过小,使电刷与换向器接触不良	9. 更换成新电刷或调整弹簧压力
	发电机空载电压达不到额定值	1. 发电机转速低于额定转速	1. 检查原动机转速是否太低;原动机与发电机间的传动带是否过松;修理、更换后速比是否不适当
		2. 磁场变阻器电阻太大	2. 调节磁场变阻器,若阻值不能调节则应检查变阻器是否接触不良或被卡住,并予以修复
		3. 励磁绕组匝间短路	3. 检查短路情况,并修复
		4. 串励绕组和并励绕组相互接错	4. 应拆开重新接线
		5. 电刷不在中性线上	5. 调整电刷位置,选择在电压最高处
	发电机空载电压正常,负载后电压显著下降	1. 复励发电机串励绕组极性接反	1. 调换串励绕组两出线端
		2. 电刷与换向器接触不良,或接触电阻过大	2. 观察换向火花;揩擦换向器表面;修磨电刷消除电阻过大的故障点
		3. 电刷不在中性线上	3. 调整电刷位置,使之靠近中性线
		4. 发电机过载	4. 减去一部分负载
电动机	电动机不能启动	1. 因电路发生故障,使电机未通电	1. 检查电源电压是否正常;开关触点是否完好;熔断器是否良好;查出故障,予以排除
		2. 电枢绕组断路	2. 查出断路点,并修复
		3. 励磁回路断路或接错	3. 检查励磁绕组和磁场变阻器有无断点;回路直流电阻值是否正常;各磁极的极性是否正确
		4. 电刷与换向器接触不良或换向器表面不清洁	4. 清理换向器表面,修磨电刷,调整电刷弹簧压力
		5. 换向极或串励绕组接反,使电机在负载下不能启动,空载下启动后工作也不稳定	5. 检查换向极和串励绕组极性,对错接者予以调换
		6. 启动器故障	6. 检查启动器是否接线有错误或装配不良;启动器接点是否被烧坏;电阻丝是否烧断,应重新接线或整修
		7. 电动机过载	7. 检查负载机械是否被卡住,使负载转矩大于电机堵转转矩;负载是否过重,针对原因予以消除
		8. 启动电流太小	8. 检查启动电阻是否太大,应更换合适是启动器,或改接启动器内部接线
		9. 直流电源容量太小	9. 启动时如果电路电压明显下降,应更换直流电源
		10. 电刷不在中性线上	10. 调整电刷位置,使之接近中性线
	电动机转速过高	1. 电源电压过高	1. 调节电源电压
		2. 励磁电流太小	2. 检查磁场调节电阻是否过大;该电阻接点是否接触不良;检查励磁绕组有无匝间短路,使励磁动势减小
		3. 励磁绕组断线,使励磁电流为零,电机飞速	3. 查出断线处,予以修复
		4. 串励电动机空载或轻载	4. 避免空载或轻载运行
		5. 电枢绕组短路	5. 查出短路点,予以修复
		6. 复励电动机串励绕组极性接错	6. 查出接错处,重新连接

续表

常见故障		可能原因	排除方法
发电机及电动机	励磁绕组过热	1. 励磁绕组匝间短路	1. 测量每一磁极的绕组电阻，判断有无匝间短路
		2. 发电机气隙太大，导致励磁电流过大	2. 拆开电动机，调整气隙
		3. 电动机长期过压运行	3. 恢复正常额定电压运行
	电枢绕组过热	1. 电枢绕组严重受潮	1. 进行烘干，恢复绝缘
		2. 电枢绕组或换向片间短路	2. 查出短路点，予以修复或重绕
		3. 电枢绕组中，部分绕组元件的引线接反	3. 查出绕组元件引线接反处，调整接线
		4. 定子、转子铁芯相擦	4. 检查定子磁极螺栓是否松脱；轴承是否松动、磨损；气隙是否均匀，予以修复或更换
		5. 电动机的气隙相差过大，造成绕组电流不均衡	5. 应调整气隙，使气隙均匀
		6. 电枢绕组中均压线接错	6. 查出接错处，重新连接
		7. 发电机负载短路	7. 应迅速排除短路故障
		8. 发电机端电压过低	8. 应提高电源电压，直至额定值
		9. 电动机长期过载	9. 恢复额定负载下运行
		10. 电动机频繁启动或改变转向	10. 应避免启动，变向过于频繁
	电刷与换向器之间火花过大	1. 电刷磨得过短，弹簧压力不足	1. 更换电刷，调整弹簧压力
		2. 电刷与换向器接触不良	2. 研磨电刷与换向器表面，研磨后轻载运行一段时间进行磨合
		3. 换向器云母凸出	3. 重新下刻云母片
		4. 电刷牌号不符合条件	4. 更换与原牌号相同的电刷
		5. 刷握松动	5. 紧固刷握螺栓，并使刷握与换向器表面平行
		6. 刷杆装置不等分	6. 可根据换向片的数目，重新调整刷杆间的距离
		7. 刷握与换向器表面之间的距离过大	7. 一般调到2～3mm
		8. 电刷与刷握配合不当	8. 不能过松或过紧，要保证在热态时，电刷在刷握中能自由滑动
		9. 刷杆偏斜	9. 调整刷杆与换向器的平行度
		10. 换向器表面粗糙、不圆	10. 研磨或车削换向器外圆
		11. 换向器表面有电刷粉、油污等	11. 清洁换向器表面
		12. 换向片间绝缘损坏或片间嵌入金属颗粒造成短路	12. 查出短路点，消除短路故障
		13. 电刷偏离中性线过多	13. 调整电刷位置，减小火花
		14. 换向极绕组接反	14. 检查换向极极性，在发电机中，换向极的极性应为沿电枢旋转方向，与下一个主磁极的极性相同；而在电动机中，则与之相反
		15. 换向极绕组短路	15. 查出短路点，恢复绝缘
		16. 电枢绕组断路	16. 查出断路元件，予以修复
		17. 电枢绕组和换向片脱焊	17. 查出脱焊处，并重新焊接
		18. 电枢绕组和换向片短路	18. 查出短路点，并予以消除
		19. 电枢绕组中，部分绕组元件接反	19. 查出接错的绕组元件，并重新连接
		20. 电动机过载	20. 恢复正常负载
		21. 电压过高	21. 调整电源电压为额定值

11.7　单相串励电机使用维护与故障排除



11.7.1　单相电机使用前的准备及检查

① 清扫电机内部及换向器表面的灰尘、电刷粉末及污物等。

② 检查电机的绝缘电阻，对于额定电压为500V以下的电机，若绝缘电阻低于0.5MΩ时，需进行烘干后方能使用。

③ 检查换向器表面是否光洁，如发现有机械损伤、火花灼痕或换向片间云母凸出等，应对换向器进行保养。

④ 检查电刷边缘是否碎裂、刷辫是否完整，有无断裂或断股情况，电刷是否磨损到最短长度。

⑤ 检查电刷在刷握内有无卡涩或摆动情况、弹簧压力是否合适，各电刷的压力是否均匀。

⑥ 检查各部件的螺钉是否紧固。

⑦ 检查各操作机构是否灵活，位置是否正确。

11.7.2　单相串励电机运行中的维护

① 注意电机声音是否正常，定、转子之间是否有摩擦。检查轴承或轴瓦有无异声。

② 经常测量电机的电流和电压，注意不要过载。

③ 检查各部分的温度是否正常，并注意检查主电路的连接点、换向器、电刷刷辫、刷握及绝缘体有无过热变色和绝缘枯焦等不正常气味。

④ 检查换向器表面的氧化膜颜色是否正常，电刷与换向器间有无火花，换向器表面有无炭粉和油垢积聚，刷架和刷握上是否有积灰。

⑤ 检查各部分的振动情况，及时发现异常现象，消除设备隐患。

⑥ 检查电机通风散热情况是否正常，通风道有无堵塞不畅情况。

11.7.3　单相串励电机的常见故障及其排除方法

单相串励电机的常见故障及其排除方法见表 11-9。

表 11-9　单相串励电机的常见故障及其排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
电路不通，电机不能启动	1. 熔丝熔断 2. 电源断线或接头松脱 3. 电刷与换向器接触不良 4. 励磁绕组或电枢绕组断路 5. 开关损坏或接触不良	1. 更换同规格熔丝 2. 将断线处重新焊接好，或紧固接头 3. 调整电刷压力或更换电刷 4. 查出断路处，接通断点或重绕 5. 修理开关触点或更换开关
电路通，但电机空载时也不能启动	1. 电枢绕组或励磁绕组短路 2. 换向片之间严重短路 3. 电刷不在中性线位置 4. 轴承过紧，以致电枢被卡	1. 查出短路处，予以修复或重绕 2. 更换换向片之间的绝缘材料或更换换向器 3. 调整电刷位置 4. 更换轴承
电机空载时能启动，但加负载后不能启动	1. 电源电压过低 2. 励磁绕组或电枢绕组受潮，有轻微的短路 3. 电刷不在中性线位置	1. 调整电源电压 2. 烘干绕组或重绕 3. 调整电刷，使之位于中性线位置
电刷冒火花	1. 电刷太短或弹簧压力不足 2. 电刷或换向器表面有污物 3. 电刷含杂质过多 4. 电刷端面与换向器表面不吻合 5. 换向器表面凹凸不平 6. 换向片之间的云母片突出 7. 电枢绕组或励磁绕组短路 8. 电枢绕组或励磁绕组接地 9. 电刷不在中性线位置 10. 换向片间短路 11. 换向片或刷握接地 12. 电枢各单元绕组有接反的	1. 更换电刷或调整弹簧压力 2. 清除污物 3. 更换新电刷 4. 用细砂纸修磨电刷端面 5. 修磨换向器表面 6. 用小刀片或锯条刻除突出的云母片 7. 查出短路处，进行修复或重绕 8. 查出接地处，进行修复或重绕 9. 调整电刷位置 10. 重新进行绝缘处理 11. 加强绝缘或更换新品 12. 查出错接处，并且予以纠正
励磁绕组发热	1. 电机负载过重 2. 励磁绕组受潮 3. 励磁绕组有少部分线圈短路	1. 适当减轻负载 2. 烘干励磁绕组 3. 重绕励磁绕组

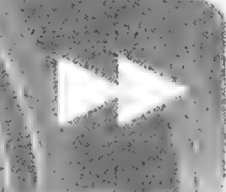
续表

常见故障	可能原因	排除方法
电枢绕组发热	1. 电枢单元绕组有接反的 2. 电枢绕组中有少数单元绕组短路 3. 电枢绕组中有极少数单元绕组断路 4. 电机负载过重 5. 电枢绕组受潮 6. 电枢铁心与定子铁心相互摩擦	1. 找出接反的单元绕组，并改接正确 2. 可去掉短路的单元绕组，不让它通电流，或重绕电枢绕组 3. 查出断路处，予以修复或重绕 4. 适当减轻负载 5. 烘干电枢绕组 6. 更换轴承或校直转轴
轴承过热	1. 电机装配不当，使轴承受有外力 2. 轴承内无润滑油 3. 轴承的润滑油内有铁屑或其他脏物 4. 转轴弯曲使轴承受有外界应力 5. 传动带过紧	1. 重新进行装配，拧紧螺钉，合严止口 2. 适量加入润滑油 3. 用汽油清洗轴承，适量加入新润滑油 4. 校直转轴 5. 适当放松传动带
电机转速太低	1. 电源电压太低 2. 电机负载过重 3. 轴承太紧或轴承严重损坏 4. 轴承内有杂质 5. 电枢绕组短路 6. 换向片间短路 7. 电刷不在中性线位置	1. 调整电源电压 2. 适当减轻负载 3. 更换新轴承 4. 清洗轴承或更换轴承 5. 重绕电枢绕组 6. 重新进行绝缘处理或更换换向器 7. 调整电刷位置
电机转速太高	1. 电机负载太轻 2. 电源电压过高 3. 励磁绕组短路 4. 单元绕组与换向片的连接错误	1. 适当增加负载 2. 调整电源电压 3. 重绕励磁绕组 4. 查出故障所在，并予以改正
反向旋转时火花大	1. 电刷位置不对 2. 电刷分布不均匀 3. 单元绕组与换向片的焊接位置不对	1. 调整电刷位置 2. 调整电刷位置，使电刷均匀分布 3. 应将电刷移到不产生火花的位置，或重新焊接
电机运行中产生剧烈振动或异常噪音	1. 电机基础不平或固定不牢 2. 转轴弯曲，造成电机电枢偏心 3. 电枢或带轮不平衡 4. 电枢上零件松动 5. 轴承严重磨损 6. 电枢铁心与定子铁心相互摩擦 7. 换向片凹凸不平 8. 换向片间云母片突出 9. 电刷太硬 10. 电刷压力太大 11. 电刷尺寸不符合要求	1. 校正基础板，拧紧底脚螺钉，紧固电机 2. 校正电机转轴 3. 校平衡或更换新品 4. 紧固电枢上的零件 5. 更换新轴承 6. 查明原因，予以排除 7. 修磨换向器 8. 用小刀片或锯条剔除云母片的突出部分 9. 换用较软的电刷 10. 调整弹簧压力 11. 更换合适的电刷
绝缘电阻降低	1. 电枢绕组或励磁绕组受潮 2. 绕组上灰尘、油污太多 3. 引出线的绝缘损坏 4. 电机过热后，绝缘老化	1. 进行烘干处理 2. 清除灰尘、油污后，进行浸渍处理 3. 重新包扎引出线 4. 根据绝缘老化程度，分别予以修复或重新浸渍
机壳带电	1. 电源线接地 2. 刷握接地 3. 励磁绕组接地 4. 电枢绕组接地 5. 换向器接地	1. 修复或更换电源线 2. 加强绝缘或更换刷握 3. 查出接地点，重新加强绝缘或重绕励磁绕组 4. 查出接地点，重新加强绝缘，接地严重时应重绕电枢绕组 5. 加强换向片与转轴之间的绝缘或更换新换向器

第 2 篇

常用电机绕组图

第12章 三相异步电机定子绕组展开图与接线圆图



12.1 三相2极18槽单层交叉式绕组1路接法展开图与接线圆图（图12-1）

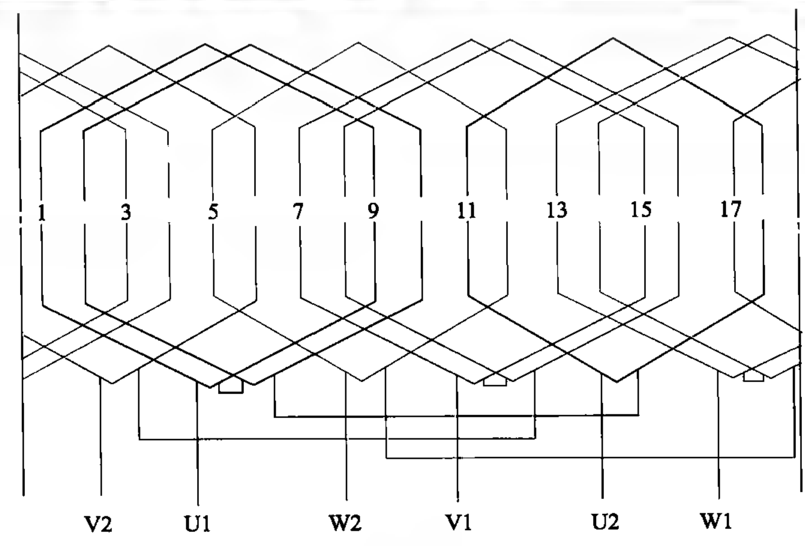


图12-1（a） 三相单层交叉式绕组展开图

$\left(2p=2,\ Z_1=18,\ a=1,\ y=\frac{2/1\quad 9}{1/1-8}\right)$

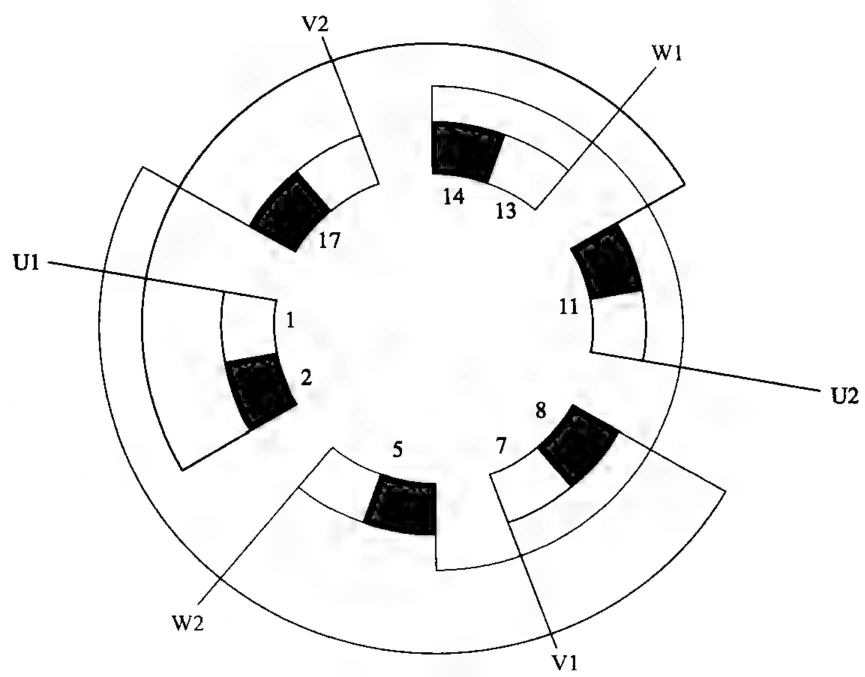


图12-1（b） 三相单层交叉式绕组接线圆图

$\left(2p=2,\ Z_1=18,\ a=1,\ y=\frac{2/1-9}{1/1-8}\right)$

说明：$2p$ 为定子绕组极数；Z_1 为定子槽数；a 为定子绕组并联支路数；y 为定子绕组节距（又称跨距）。

12.2　三相 2 极 18 槽单层同心式绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-2）



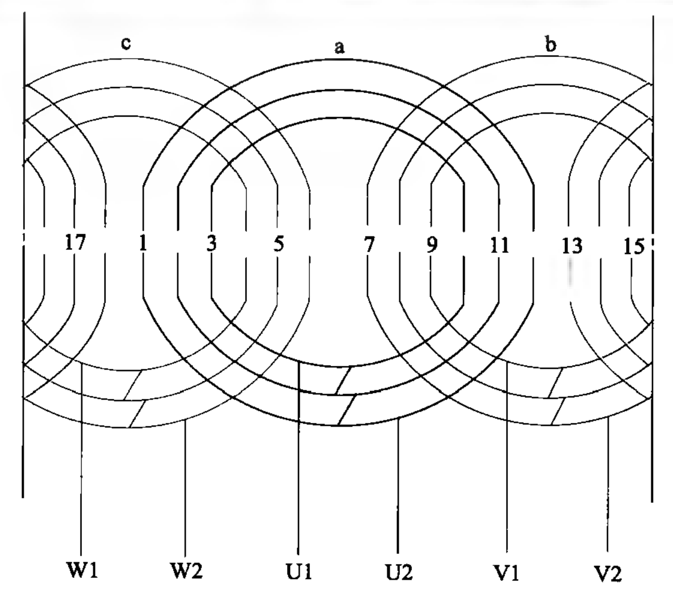


图 12-2（a）　三相单层同心式绕组展开图

$\left(2p=2,\ Z_1=18,\ a=1,\ y=\begin{matrix}1-12\\2-11\\3-10\end{matrix}\right)$

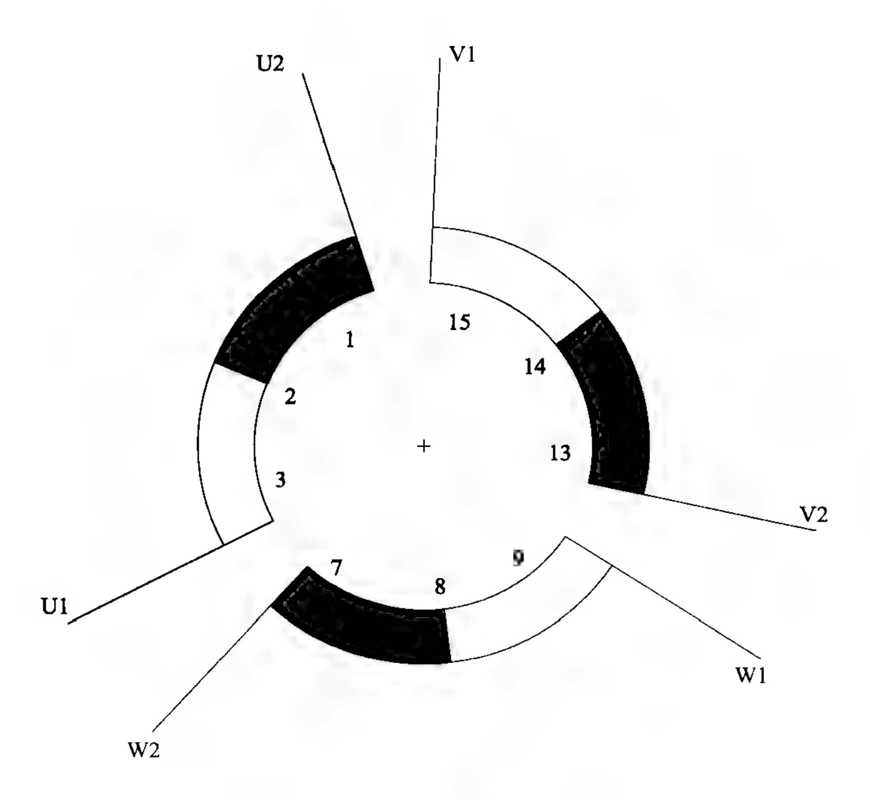


图 12-2（b）　三相单层同心式绕组接线圆图

$\left(2p=2,\ Z_1=18,\ a=1,\ y=\begin{matrix}1-12\\2-11\\3-10\end{matrix}\right)$

12.3 三相 2 极 18 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-3）



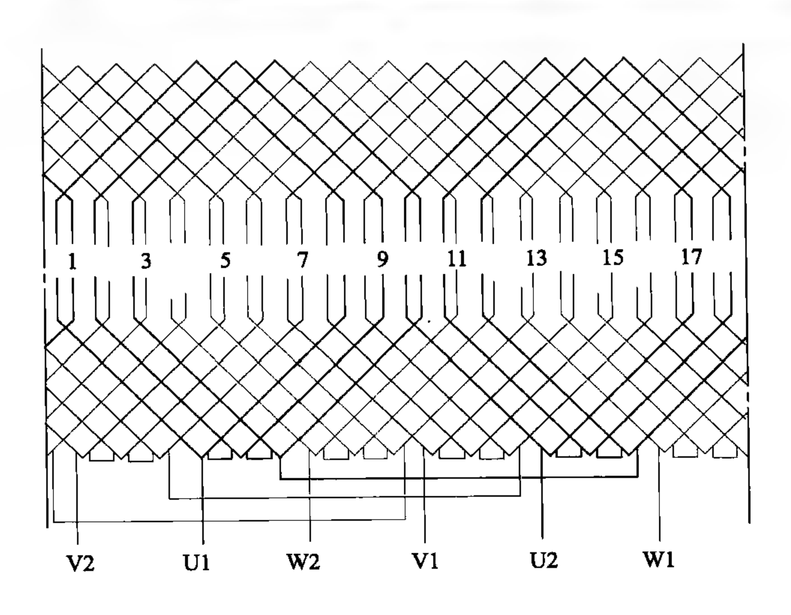


图 12-3（a） 三相双层叠绕组展开图

（$2p=2$，$Z_1=18$，$a=1$，$y=1—8$）

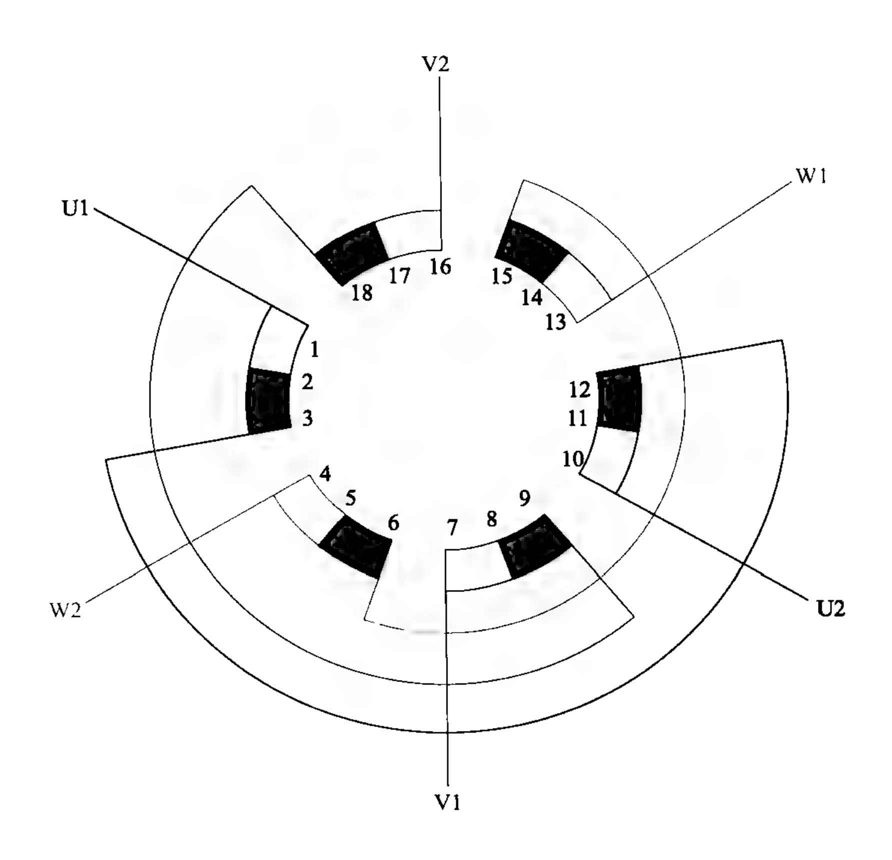


图 12-3（b） 三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=2$，$Z_1=18$，$a=1$，$y=1—8$）

12.4　三相 2 极 18 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-4）



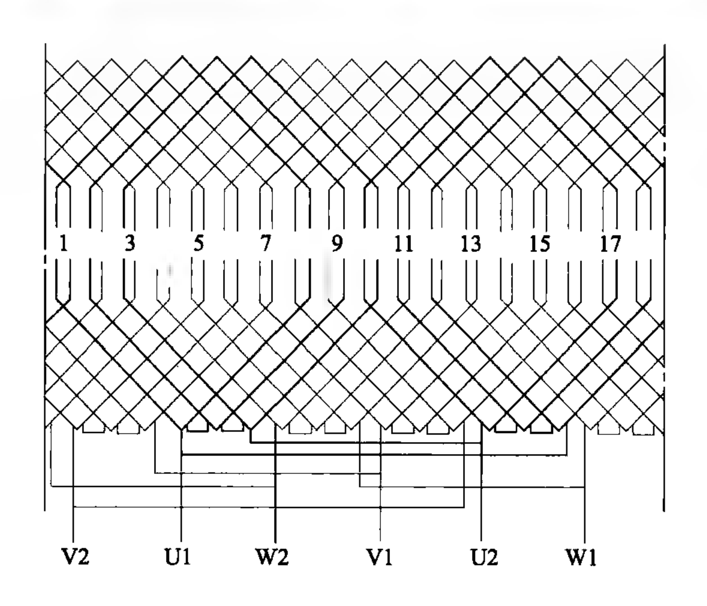


图 12-4（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=2$，$Z_1=18$，$a=2$，$y=1$—8）

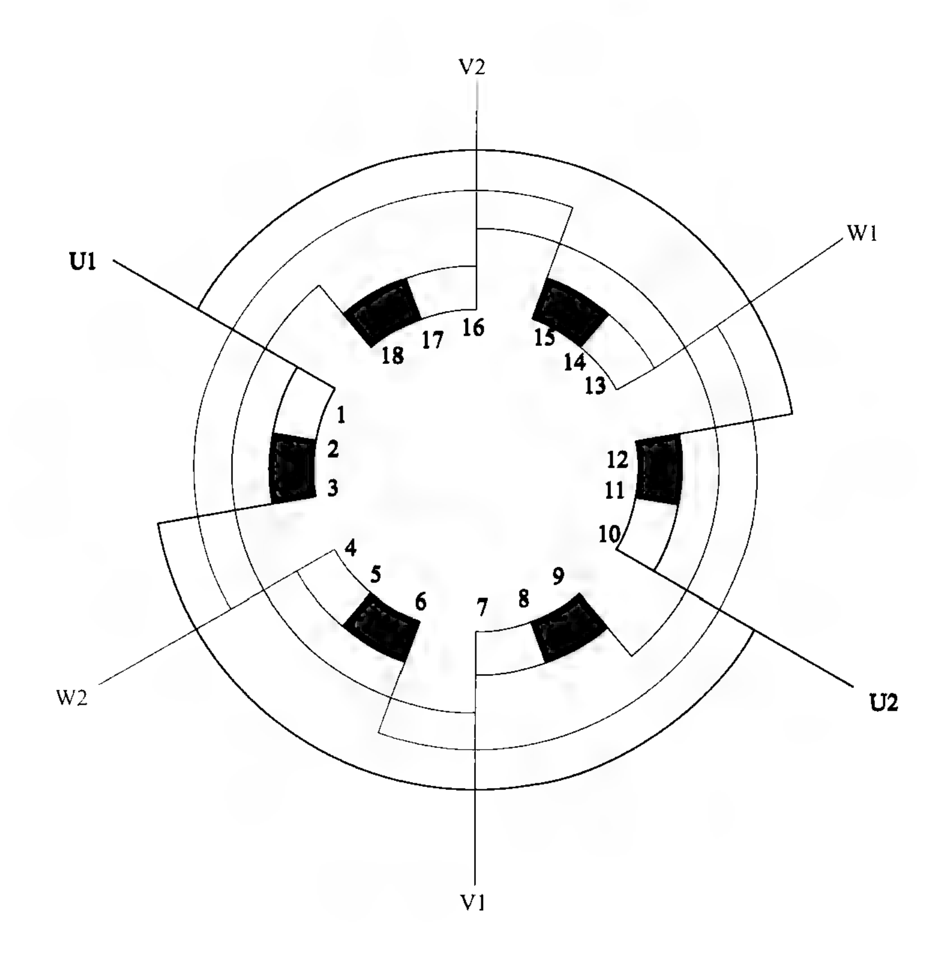
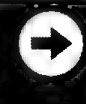


图 12-4（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=2$，$Z_1=18$，$a=2$，$y=1$—8）

12.5　三相 2 极 24 槽单层同心式绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12.5）



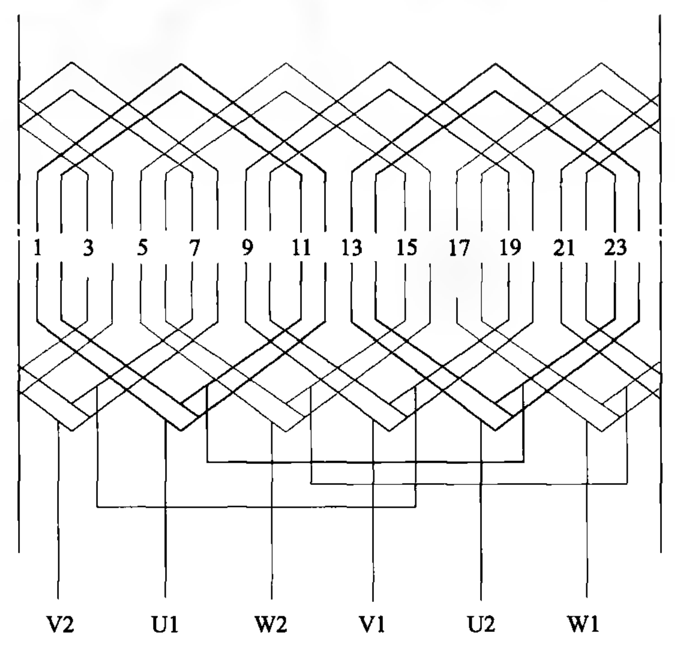


图 12-5（a）　三相单层同心式绕组展开图

$\left(2p=2,\ Z_1-24,\ a=1,\ y=\frac{1-12}{2-11}\right)$

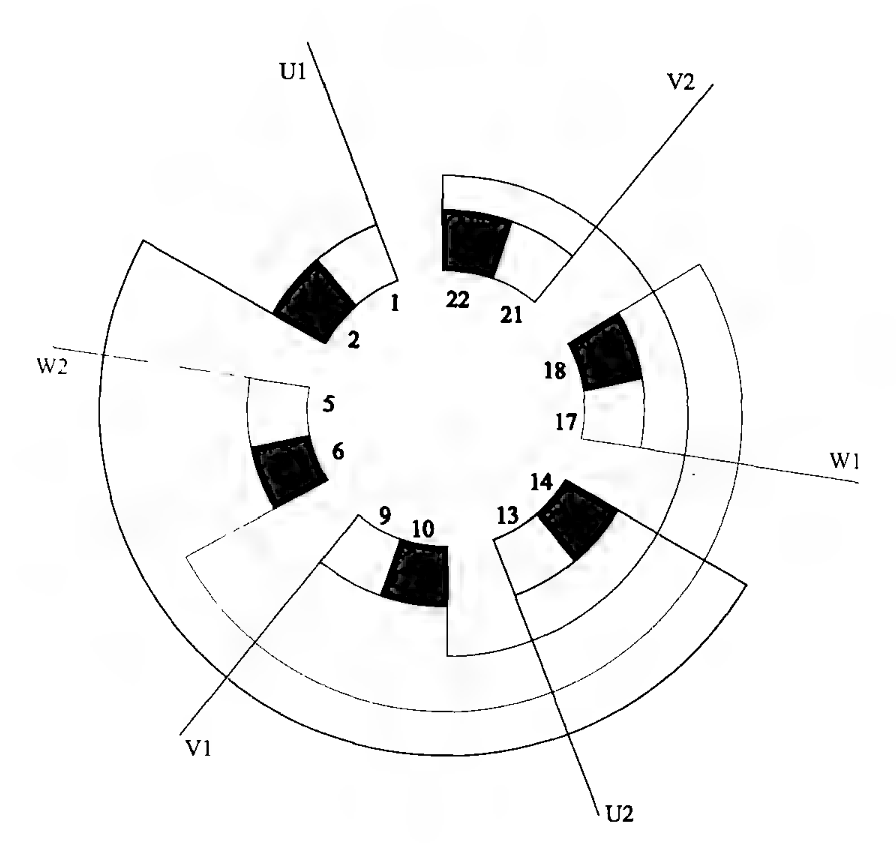


图 12-5（b）　三相单层同心式绕组接线圆图

$\left(2p=2,\ Z_1=24,\ a=1,\ y=\frac{1-12}{2-11}\right)$

12.6　三相 2 极 24 槽单层同心式绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-6）



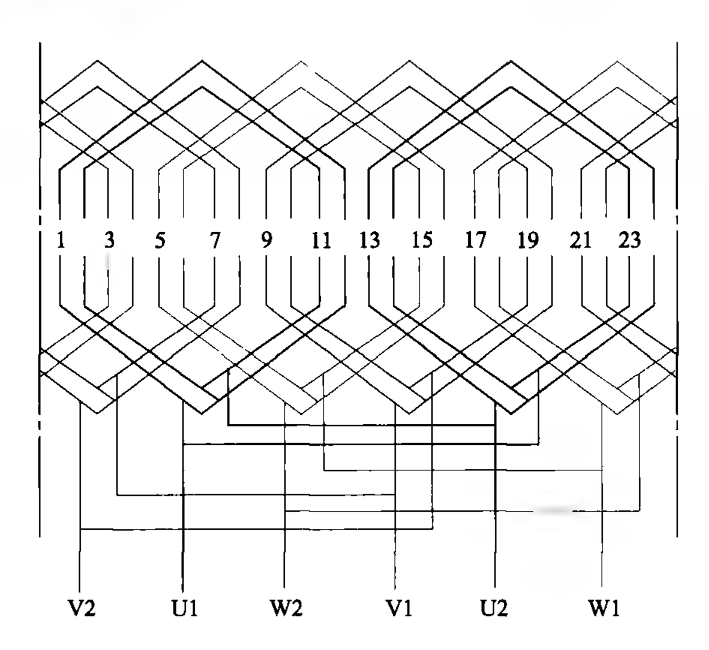


图 12-6（a）　三相单层同心式绕组展开图

$\left(2p=2,\ Z_1=24,\ a=2,\ y=\frac{1-12}{2-11}\right)$

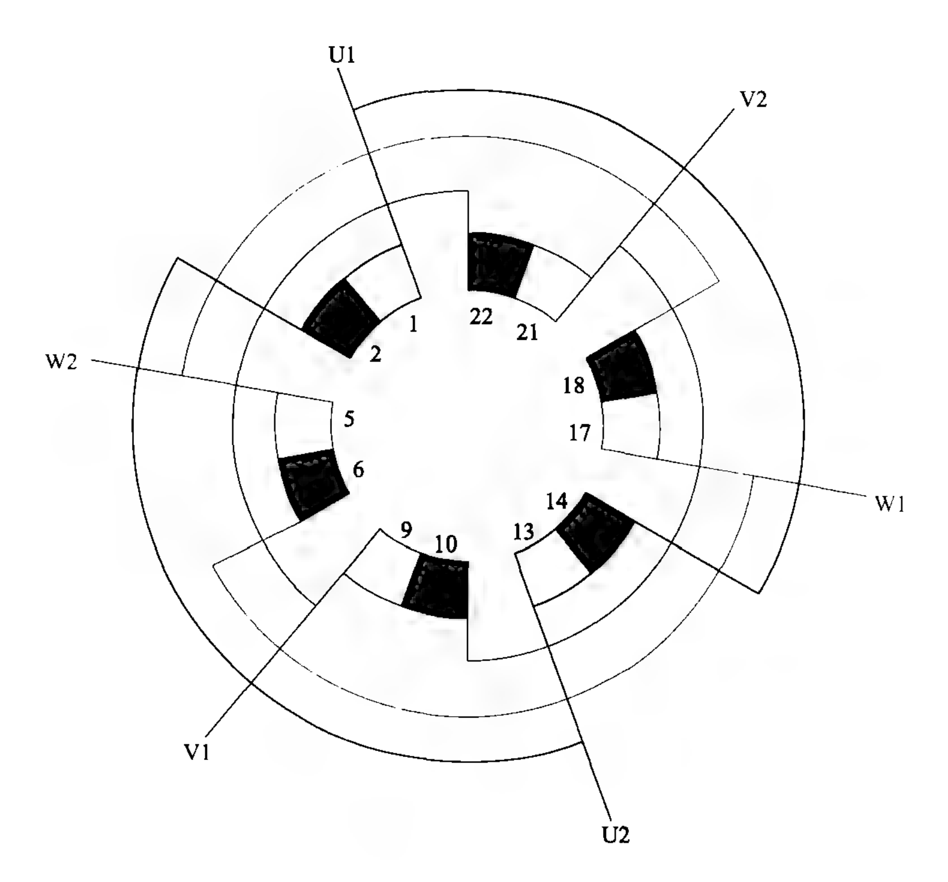


图 12-6（b）　三相单层同心式绕组接线圆图

$\left(2p=2,\ Z_1=24,\ a=2,\ y=\frac{1-12}{2-11}\right)$

12.7　三相 2 极 24 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-7）

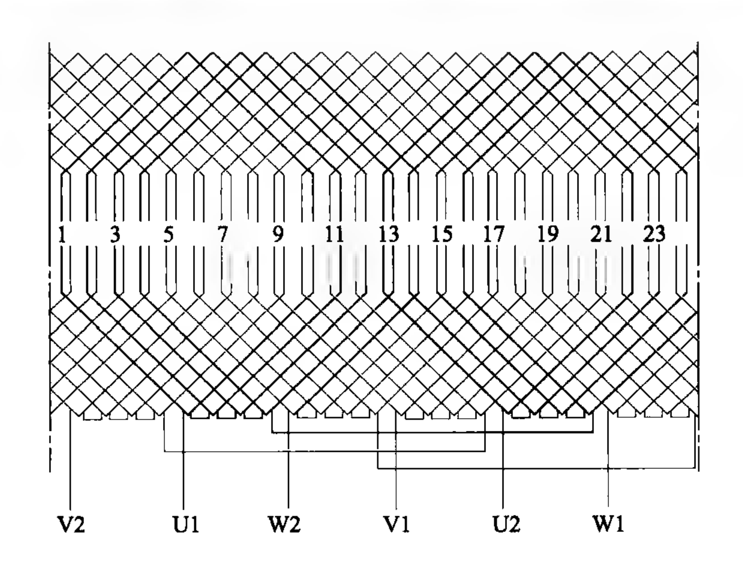


图 12-7（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=2$，$Z_1=24$，$a=1$，$y=1—10$）

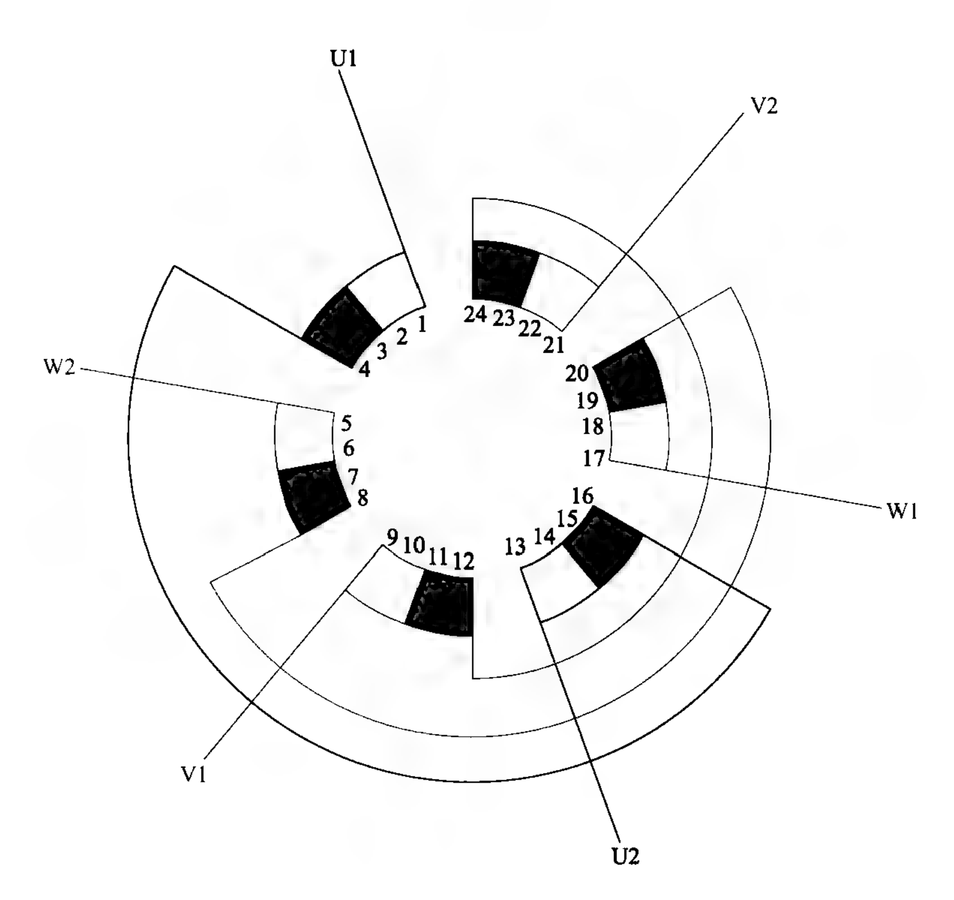


图 12-7（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=2$，$Z_1=24$，$a=1$，$y=1—10$）

12.8　三相 2 极 24 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-8）

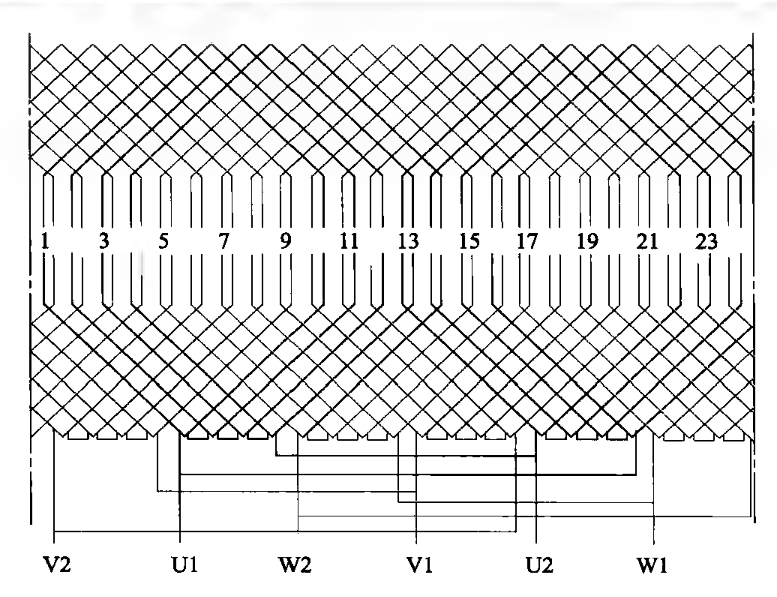


图 12-8（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=2$，$Z_1=24$，$a=2$，$y=1$—10）

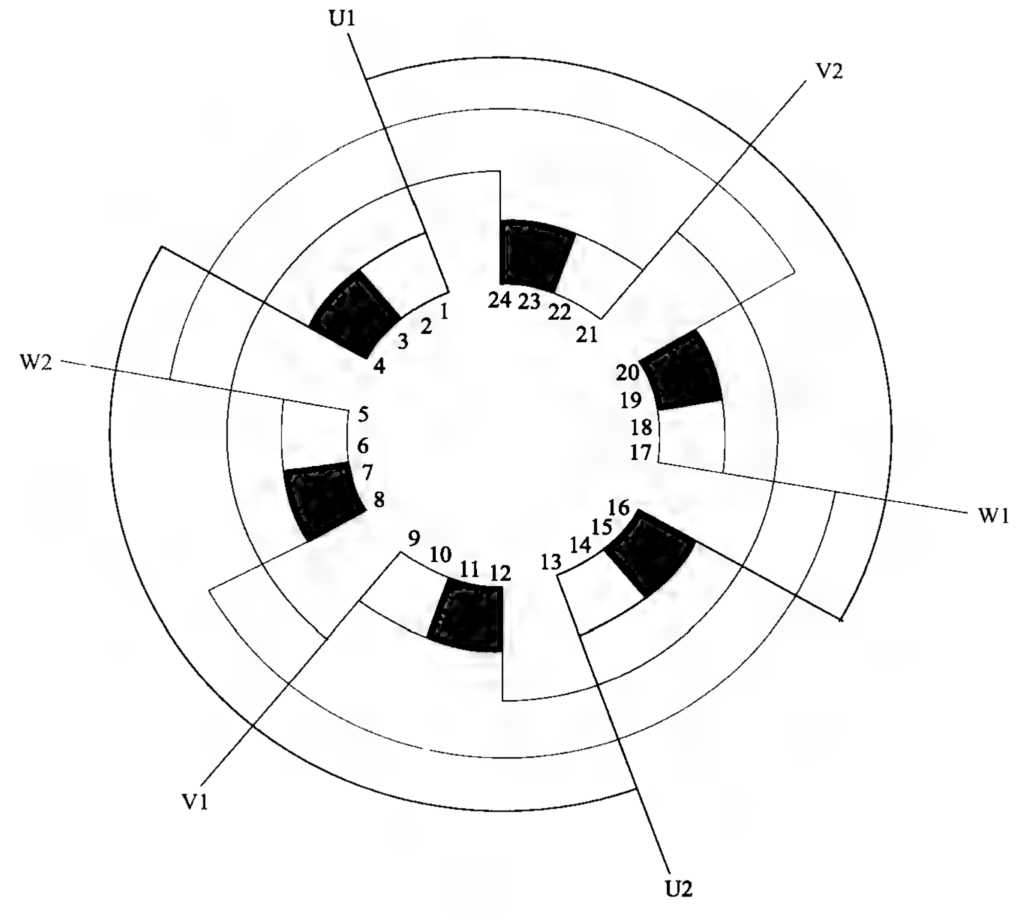


图 12-8（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=2$，$Z_1=24$，$a=2$，$y=1$—10）

12.9 三相2极30槽单层同心式绕组1路接法展开图与接线圆图（图12.9）

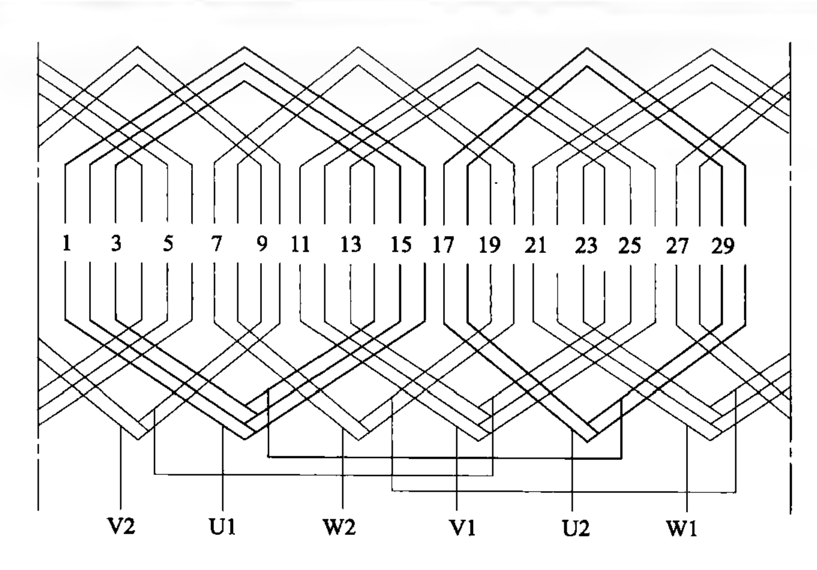


图 12-9（a） 三相单层同心式绕组展开图

$$\left(2p=2,\ Z_1=30,\ a=1,\ y=\begin{matrix}1-16\\2-15\\3-14\end{matrix}\quad\begin{matrix}1-14\\2-13\end{matrix}\right)$$

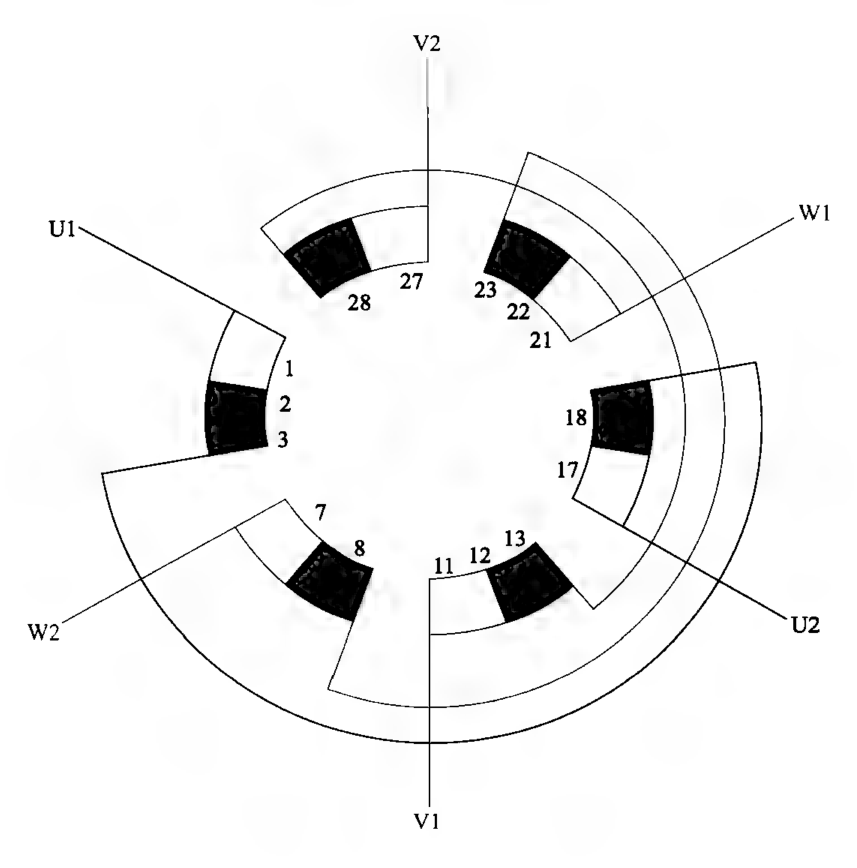


图 12-9（b） 三相单层同心式绕组接线圆图

$$\left(2p=2,\ Z_1=30,\ a=1,\ y=\begin{matrix}1-16\\2-15\\3-14\end{matrix}\quad\begin{matrix}1-14\\2-13\end{matrix}\right)$$

12.10　三相 2 极 30 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-10）



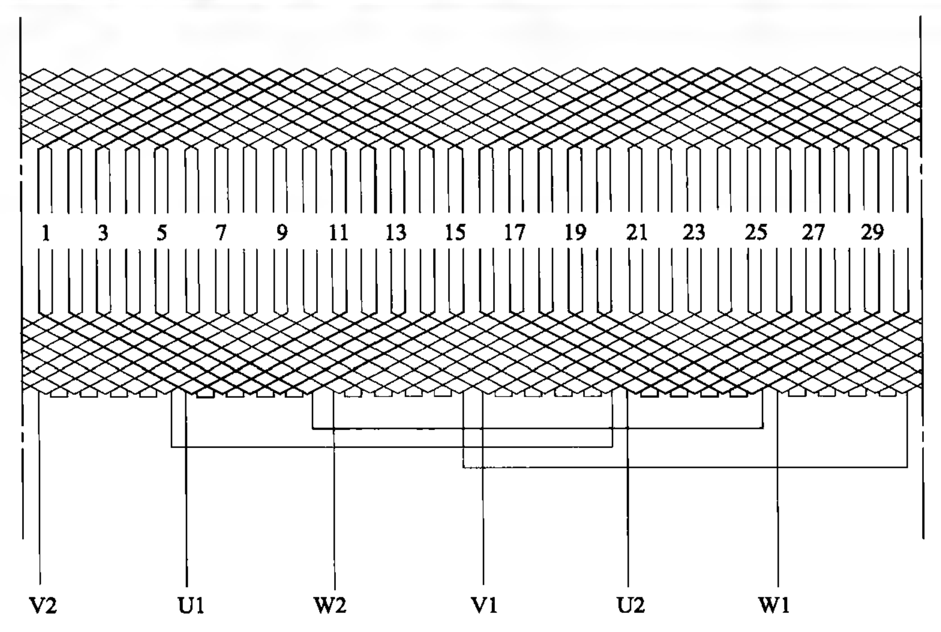


图 12-10（a）　三相双层叠绕组展开图

($2p=2$，$Z_1=30$，$a=1$，$y=1—11$)

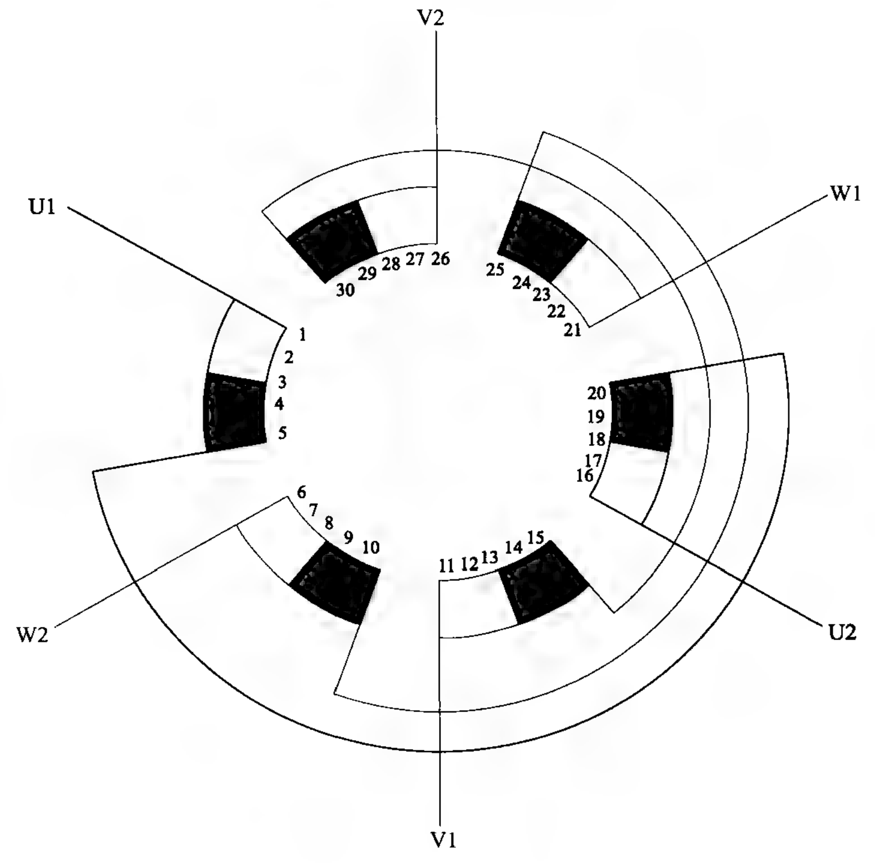


图 12-10（b）　三相双层叠绕组接线圆图

($2p=2$，$Z_1=30$，$a=1$，$y=1—11$)

12.11　三相2极30槽双层叠绕组2路接法展开图与接线圆图（图12.11）



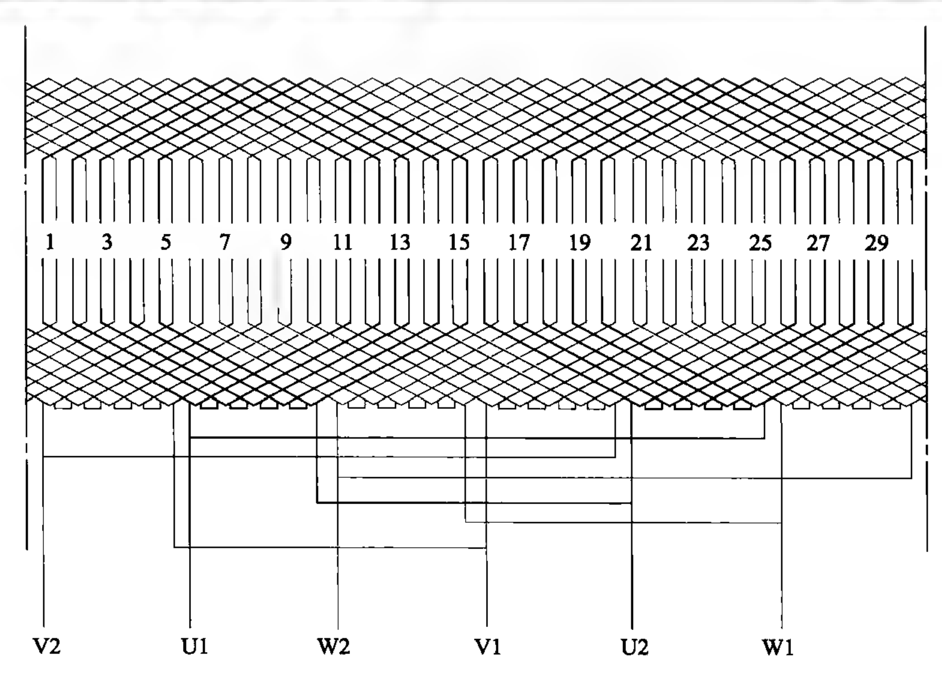


图12-11（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=2$，$Z_1=30$，$a=2$，$y=1—11$）

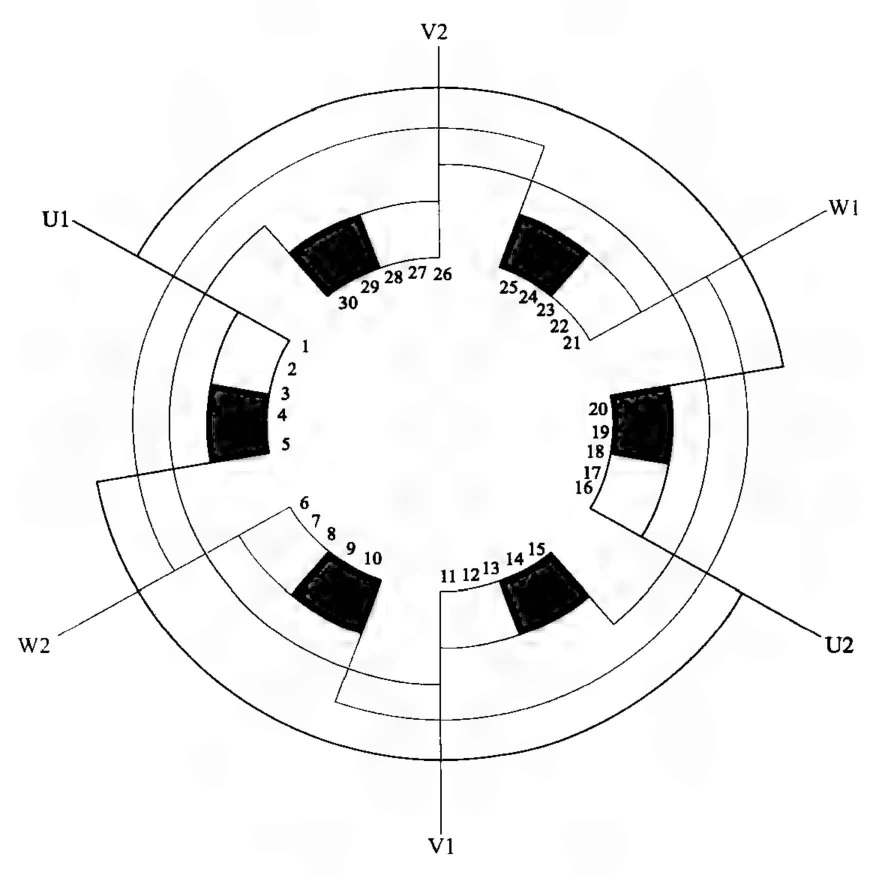


图12-11（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=2$，$Z_1=30$，$a=2$，$y=1—11$）

12.12　三相 2 极 36 槽单层同心式绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-12）

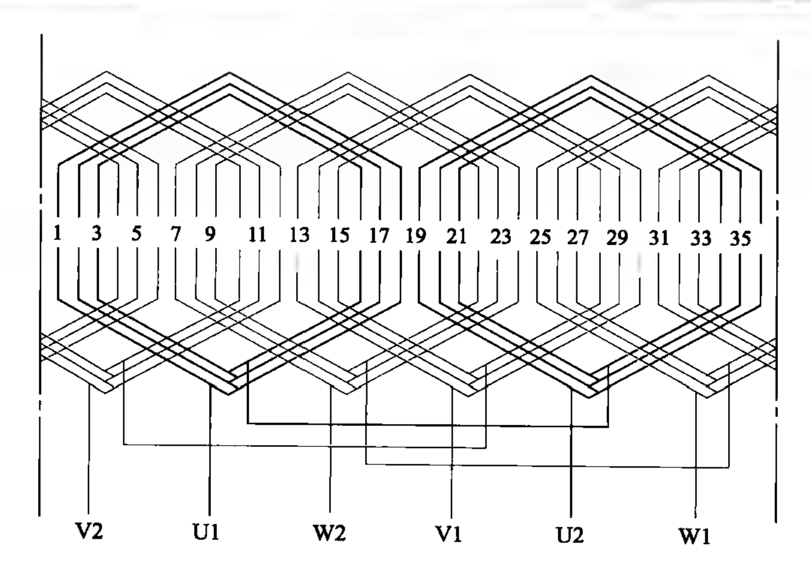


图 12-12（a）　三相单层同心式绕组展开图

$$\left(2p=2,\ Z_1=36,\ a=1,\ y=\begin{matrix}1-18\\2-17\\3-16\end{matrix}\right)$$

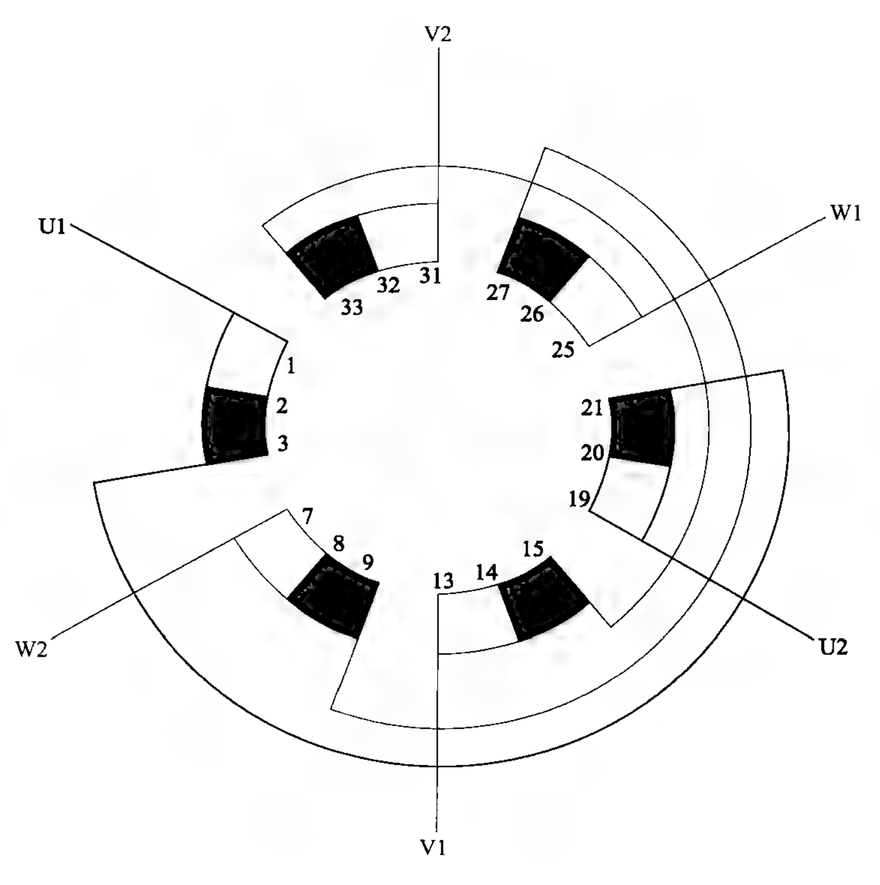


图 12-12（b）　三相单层同心式绕组接线圆图

$$\left(2p=2,\ Z_1=36,\ a=1,\ y=\begin{matrix}1-18\\2-17\\3-16\end{matrix}\right)$$

12.13　三相2极36槽单层同心式绕组2路接法展开图与接线圆图（图12-13）

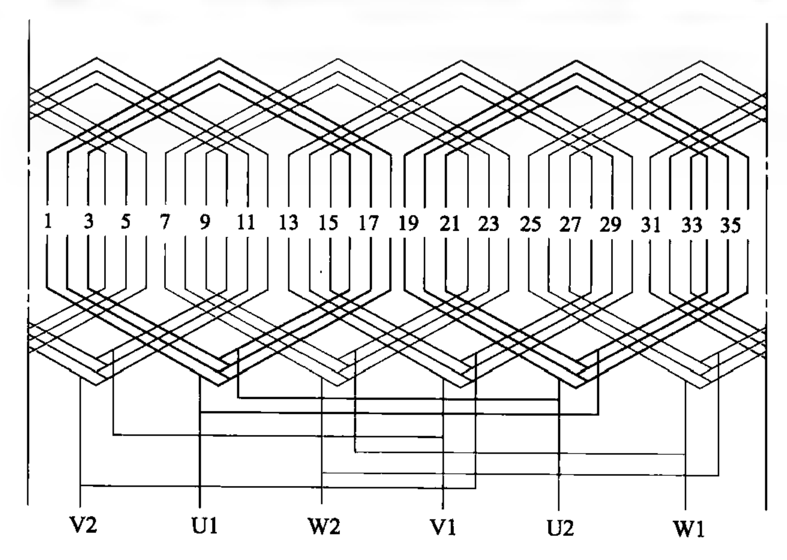


图12-13（a）　三相单层同心式绕组展开图

$$\left(2p=2,\ Z_1=36,\ a=2,\ y=\begin{matrix}1-18\\2-17\\3-16\end{matrix}\right)$$

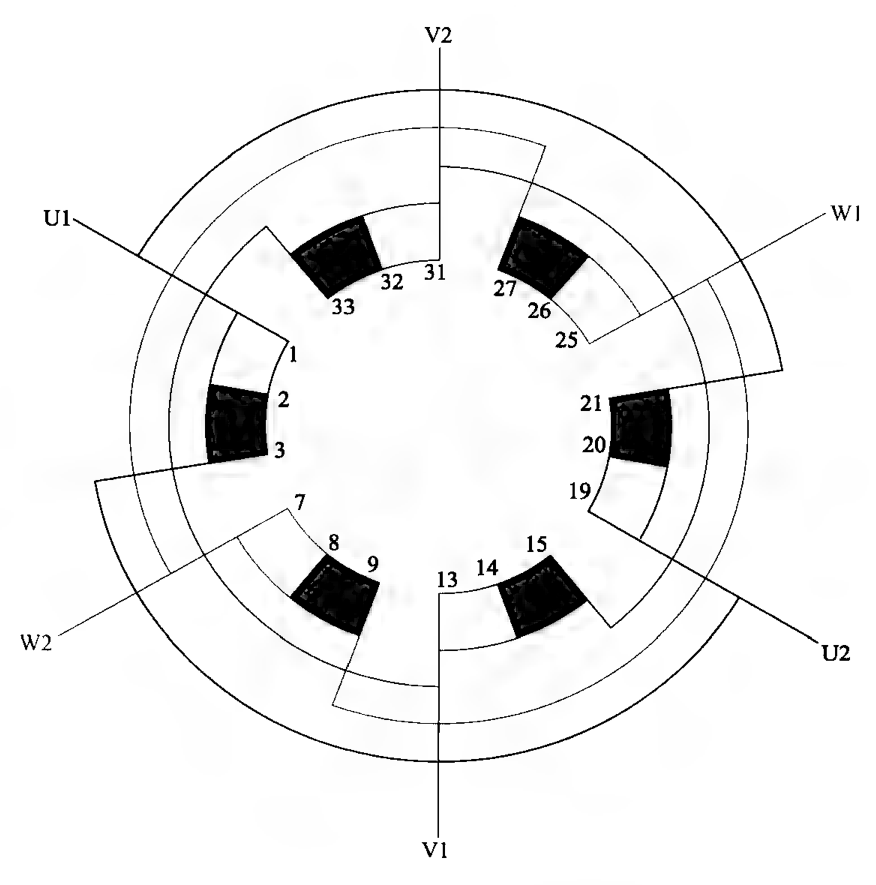


图12-13（b）　三相单层同心式绕组接线圆图

$$\left(2p=2,\ Z_1=36,\ a=2,\ y=\begin{matrix}1-18\\2-17\\3-16\end{matrix}\right)$$

12.14　三相 2 极 36 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-14）

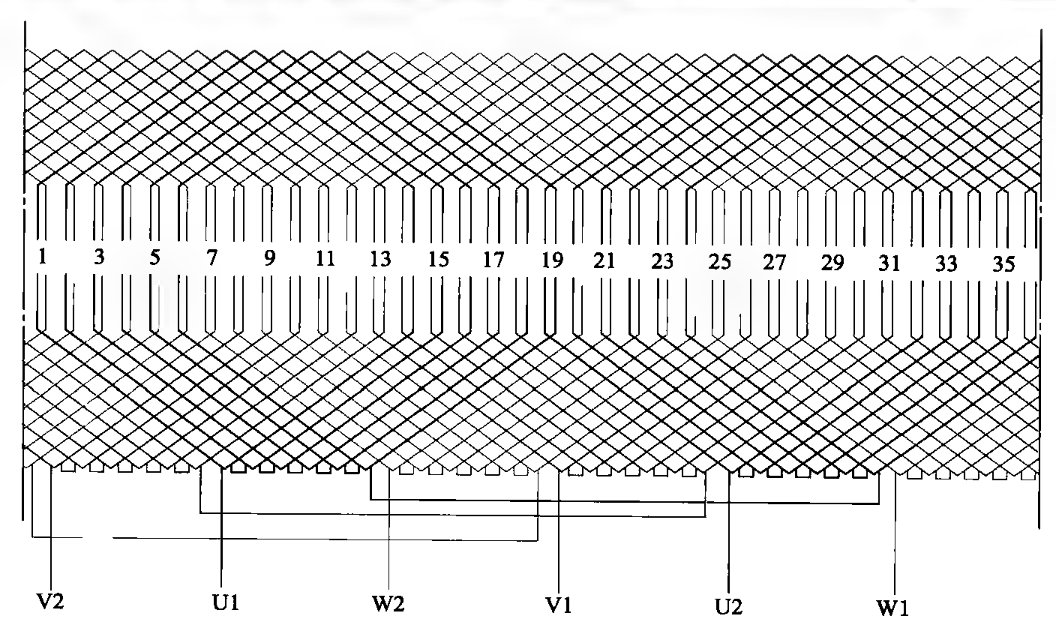


图 12-14（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=2$，$Z_1=36$，$a=1$，$y=1$　14）

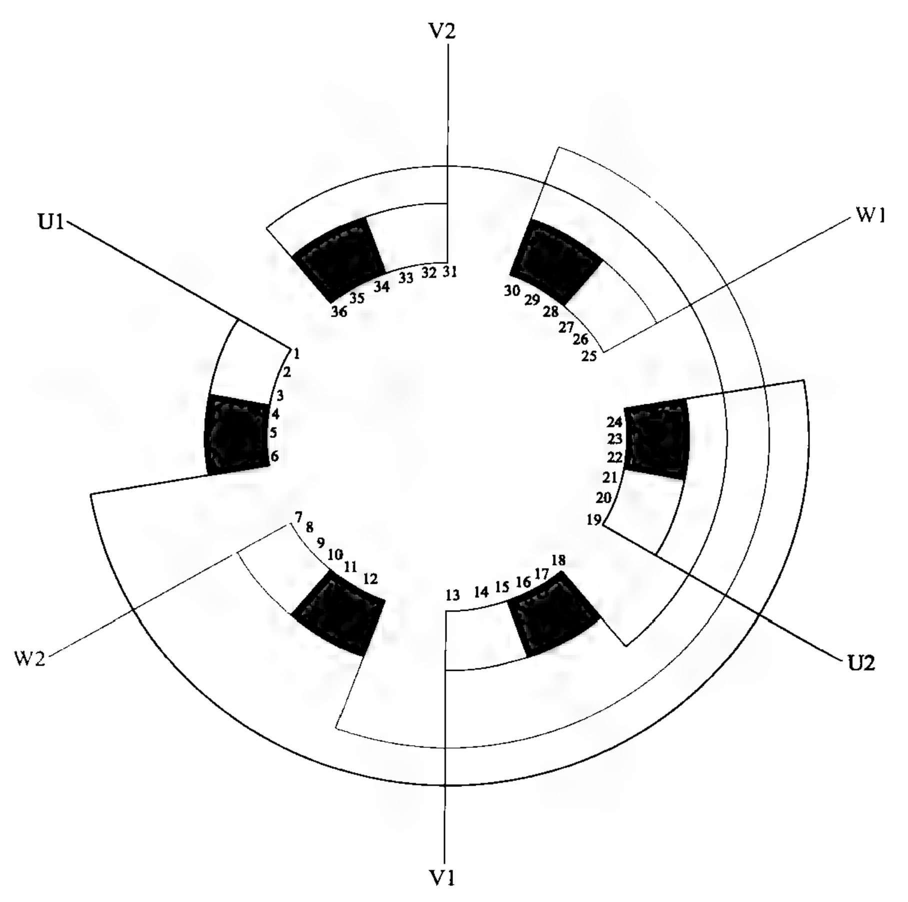


图 12-14（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=2$，$Z_1=36$，$a=1$，$y=1$　14）

12.15　三相 2 极 36 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-15）

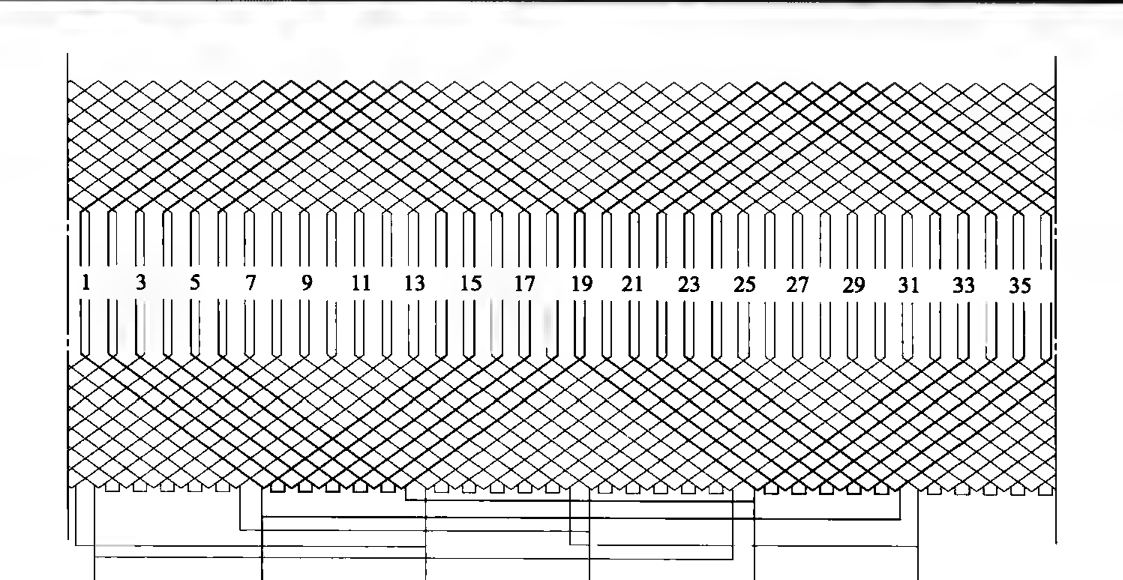


图 12-15（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=2$，$Z_1=36$，$a=2$，$y=1—14$）

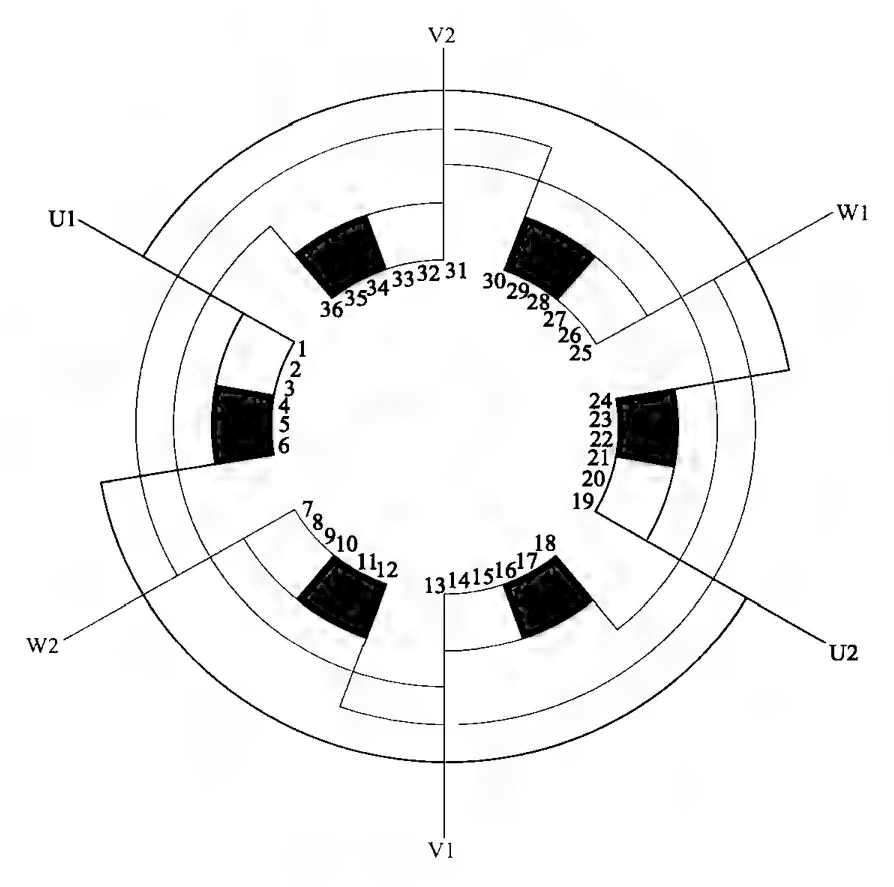


图 12-15（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=2$，$Z_1=36$，$a=2$，$y=1—14$）

12.16　三相 2 极 42 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-16）

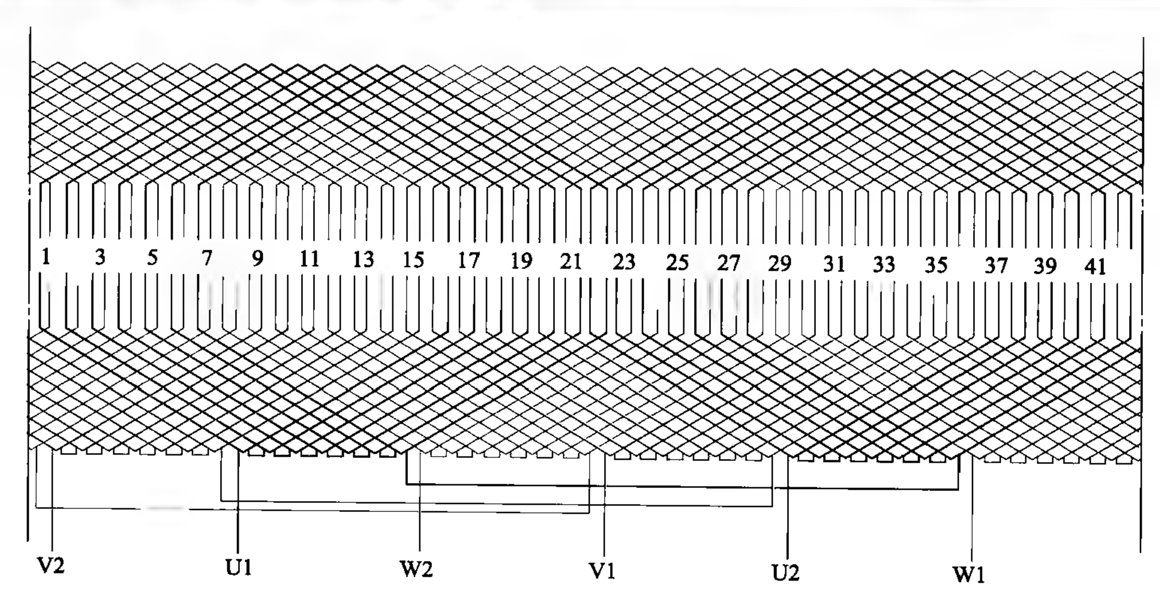


图 12-16（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=2$，$Z_1=42$，$a=1$，$y=1—16$）

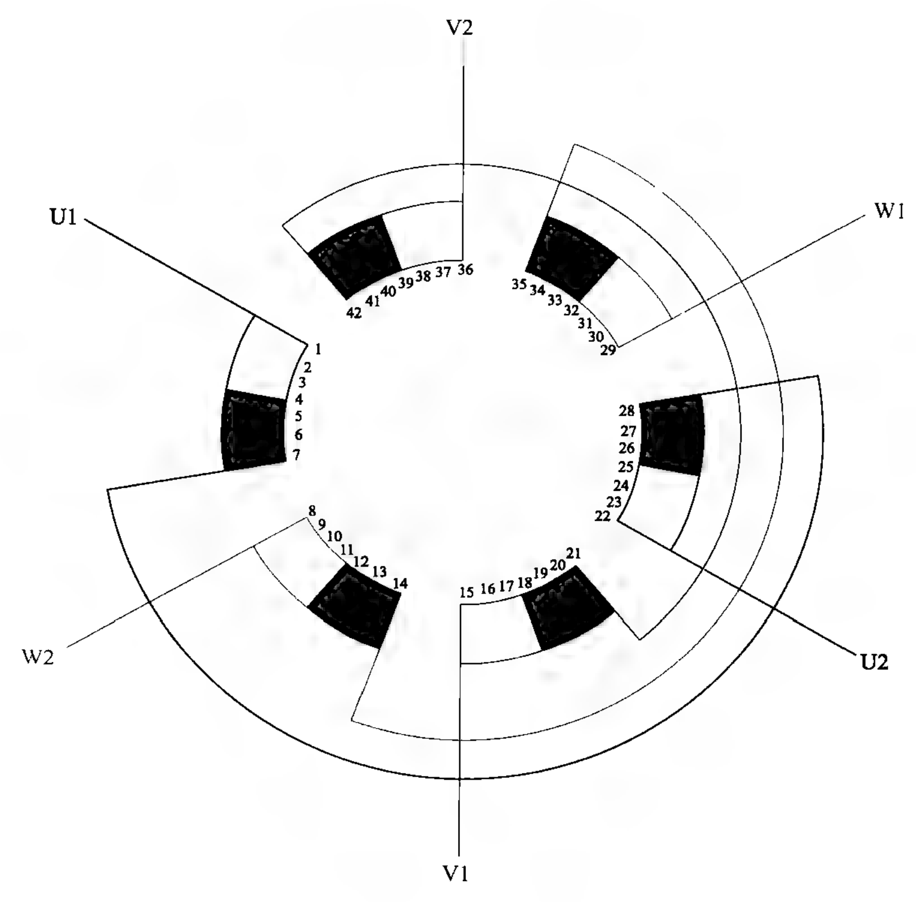


图 12-16（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=2$，$Z_1=42$，$a=1$，$y=1—16$）

12.17　三相 2 极 42 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-17）



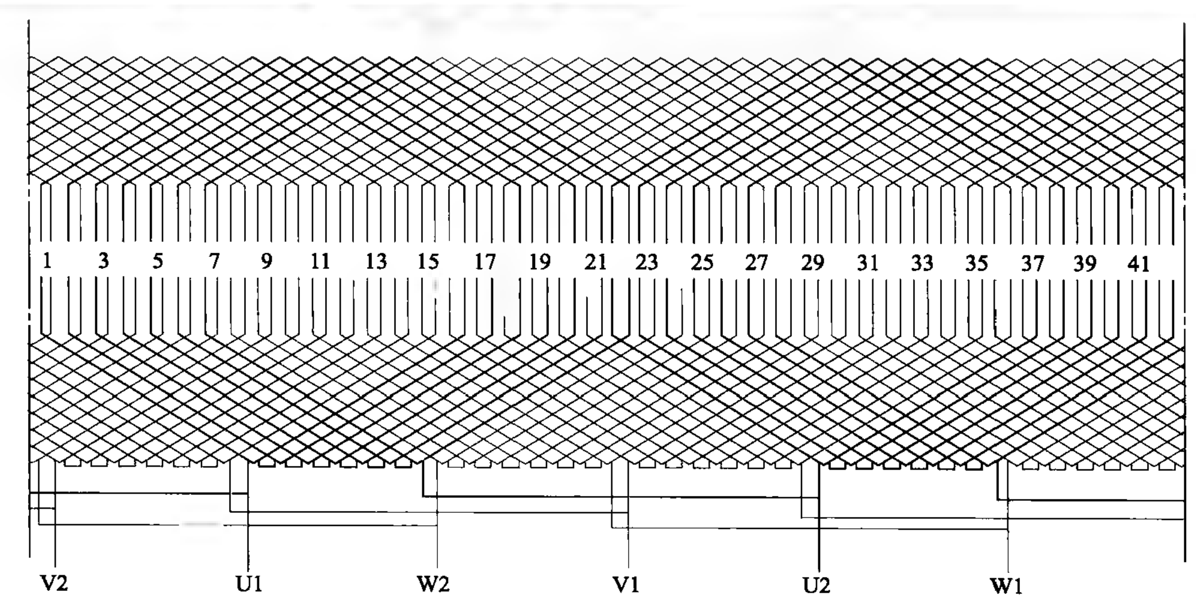


图 12-17（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=2$，$Z_1=42$，$a=2$，$y=1-16$）

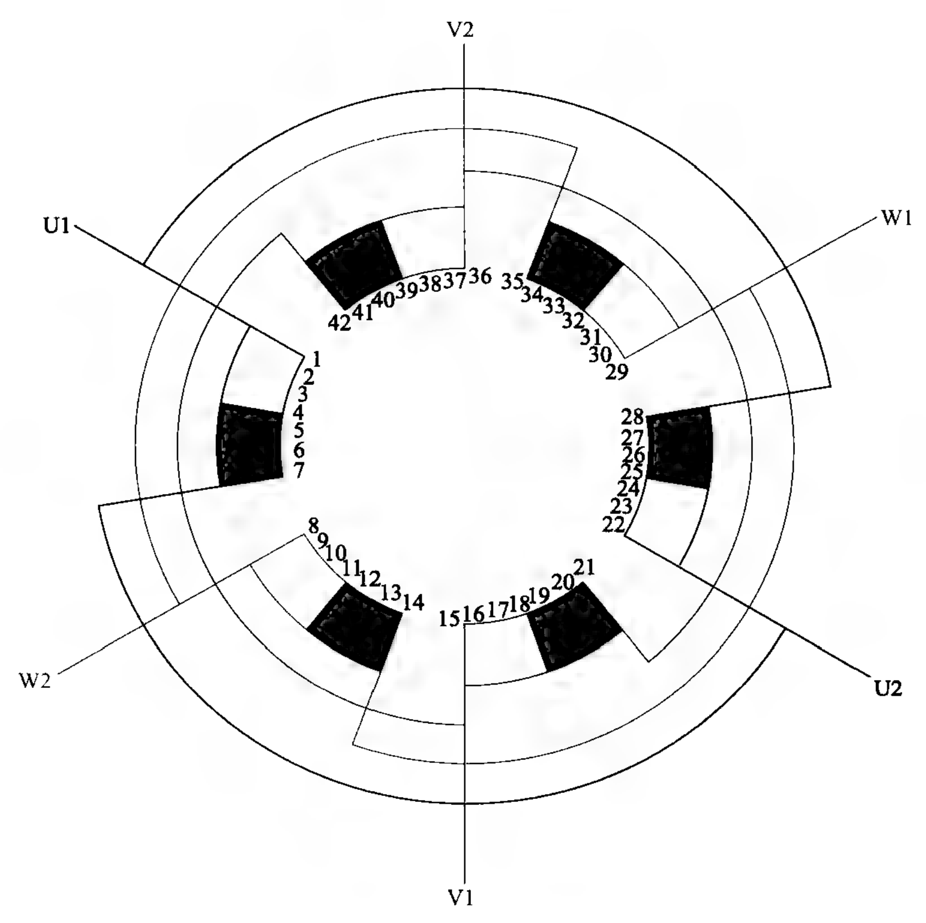


图 12-17（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=2$，$Z_1=42$，$a=2$，$y=1-16$）

12.18　三相 2 极 48 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-18）

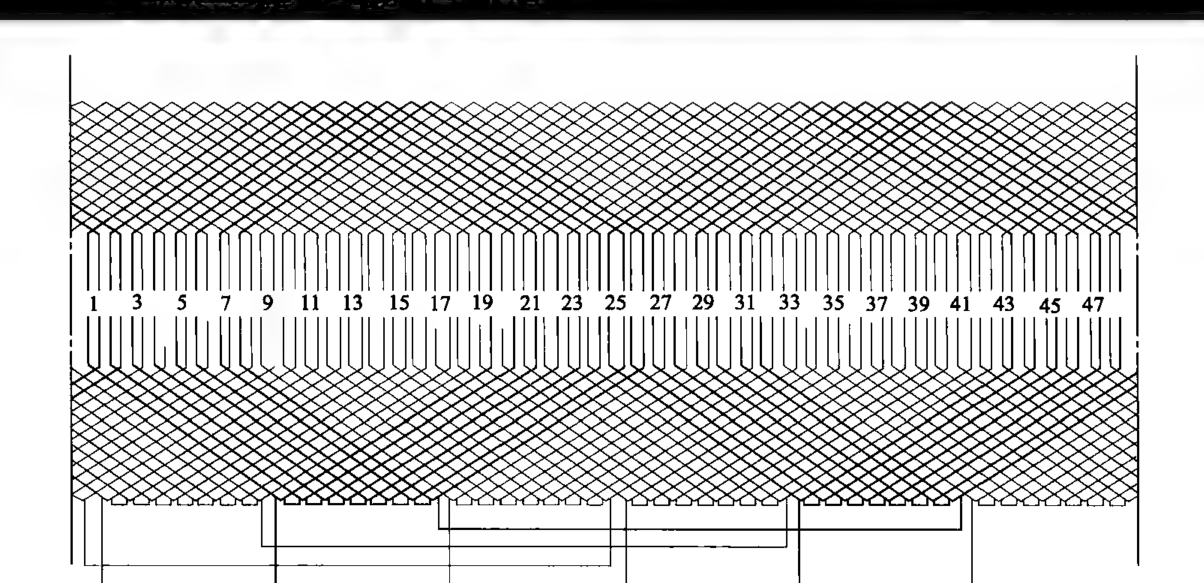


图 12-18（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=2$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1$　19）

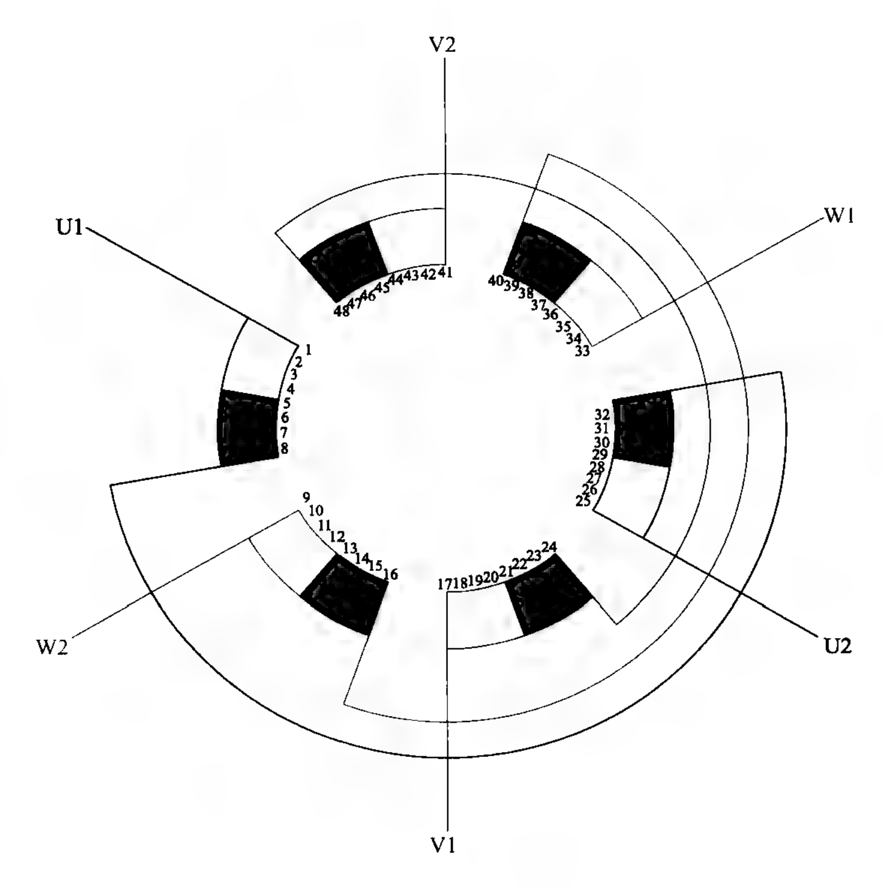


图 12-18（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=2$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1—19$）

12.19　三相 2 极 48 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-19）

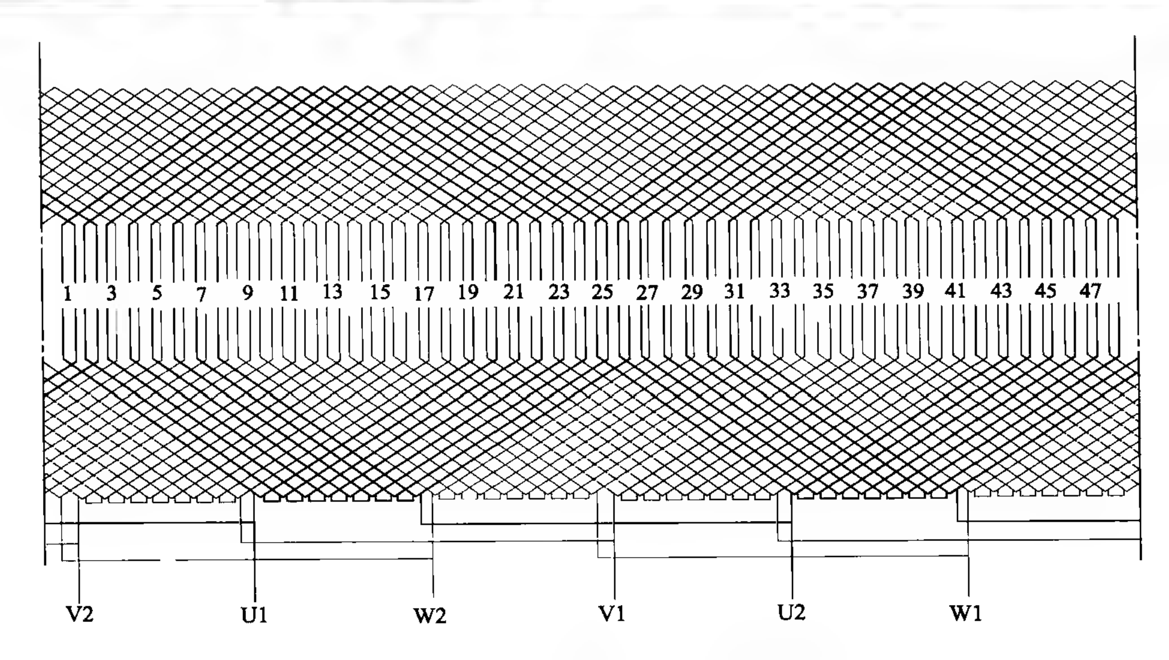


图 12-19（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=2$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1—19$）

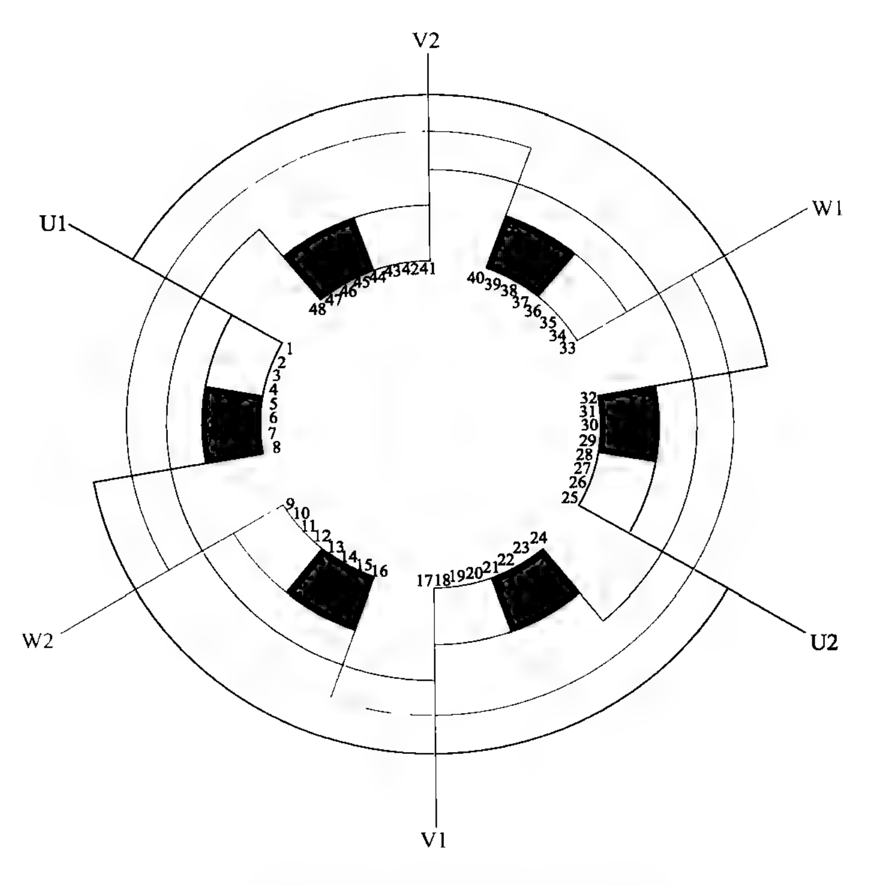


图 12-19（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=2$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1—19$）

12.20　三相 4 极 24 槽单层链式绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-20）

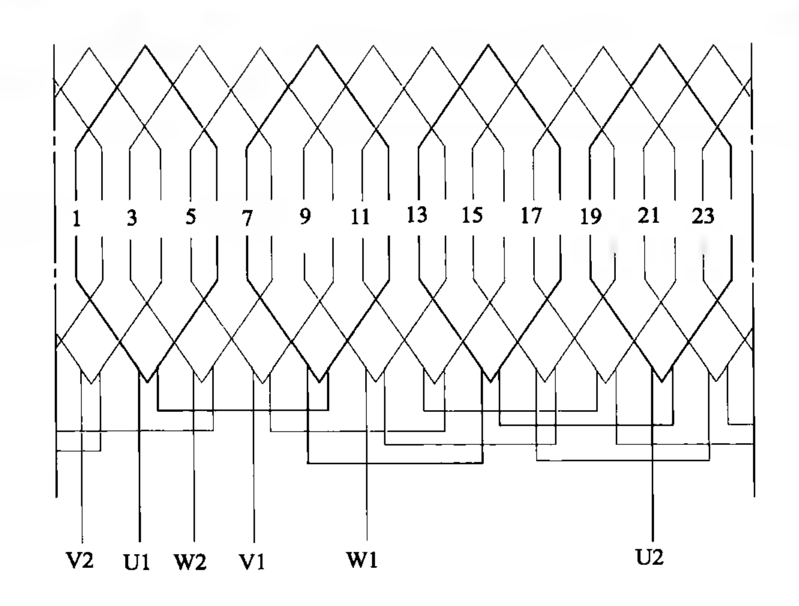


图 12-20（a）　三相单层链式绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=1$，$y=1—6$）

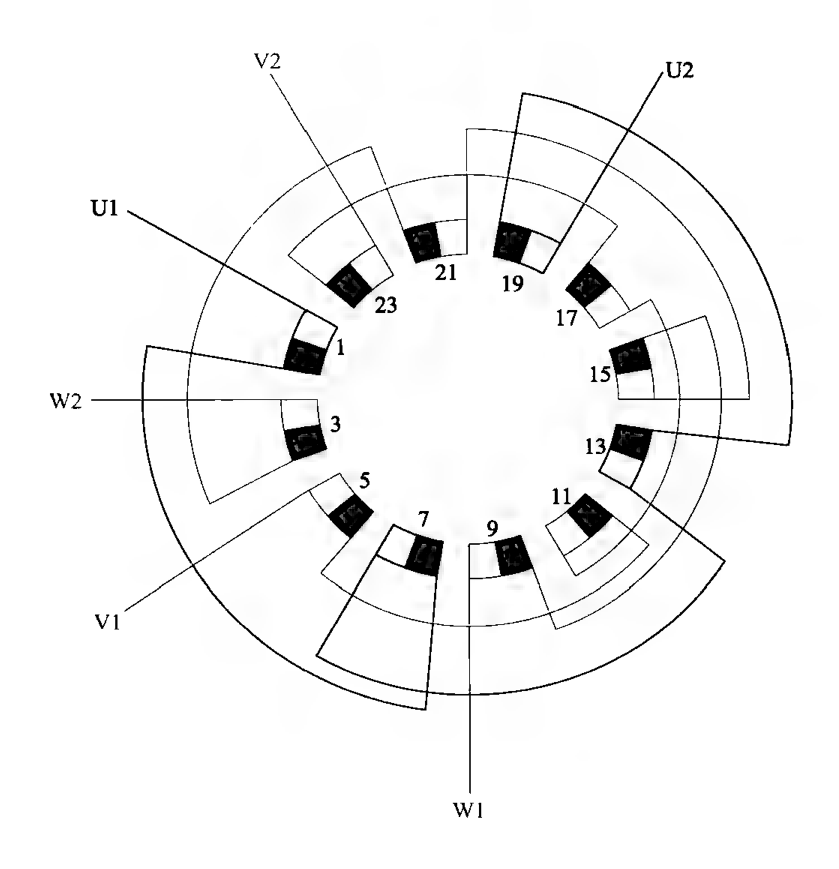


图 12-20（b）　三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=1$，$y=1—6$）

12.21 三相 4 极 24 槽单层链式绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-21）

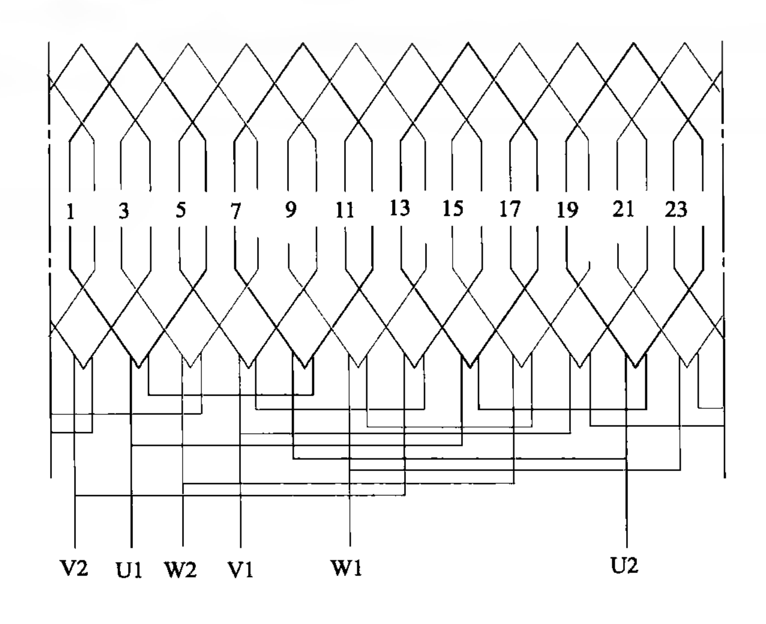


图 12-21（a） 三相单层链式绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=2$，$y=1—6$）

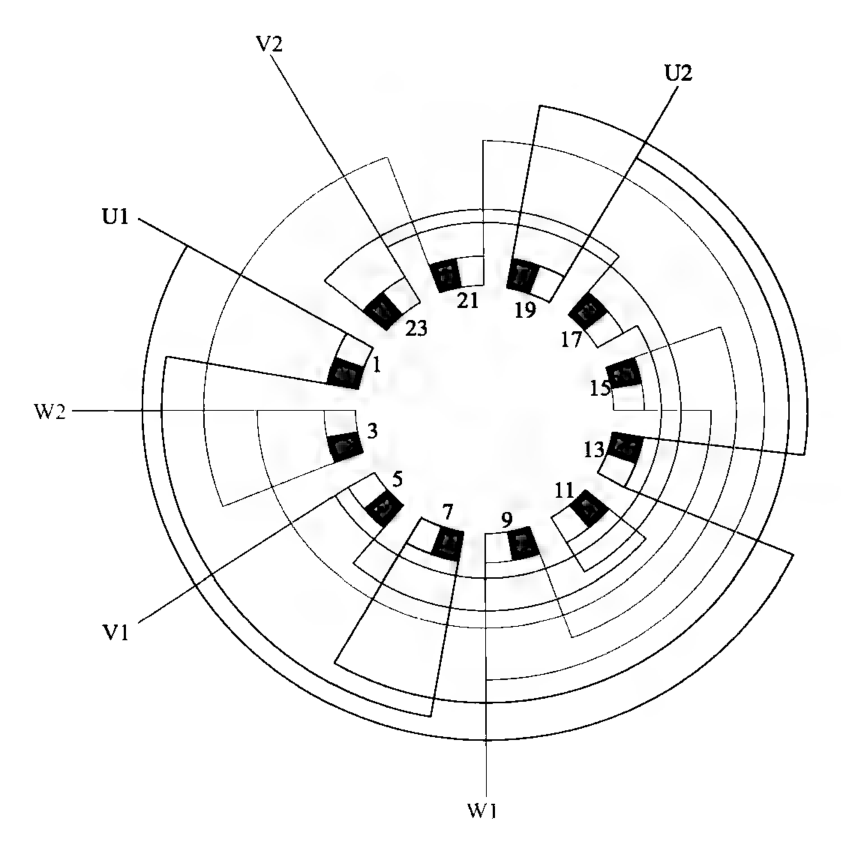


图 12-21（b） 三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=2$，$y=1—6$）

12.22　三相 4 极 24 槽单层链式绕组 4 路接法展开图与接线圆图（图 12-22）

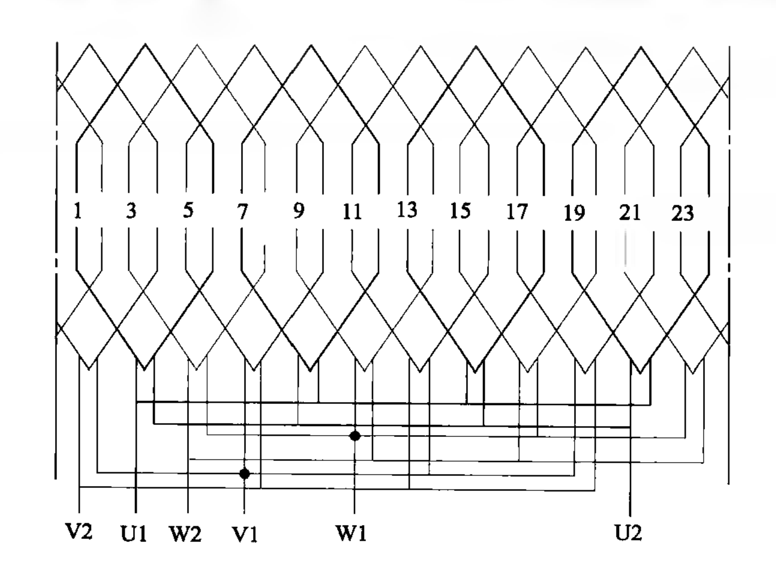


图 12-22（a）　三相单层链式绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=4$，$y=1$–6）

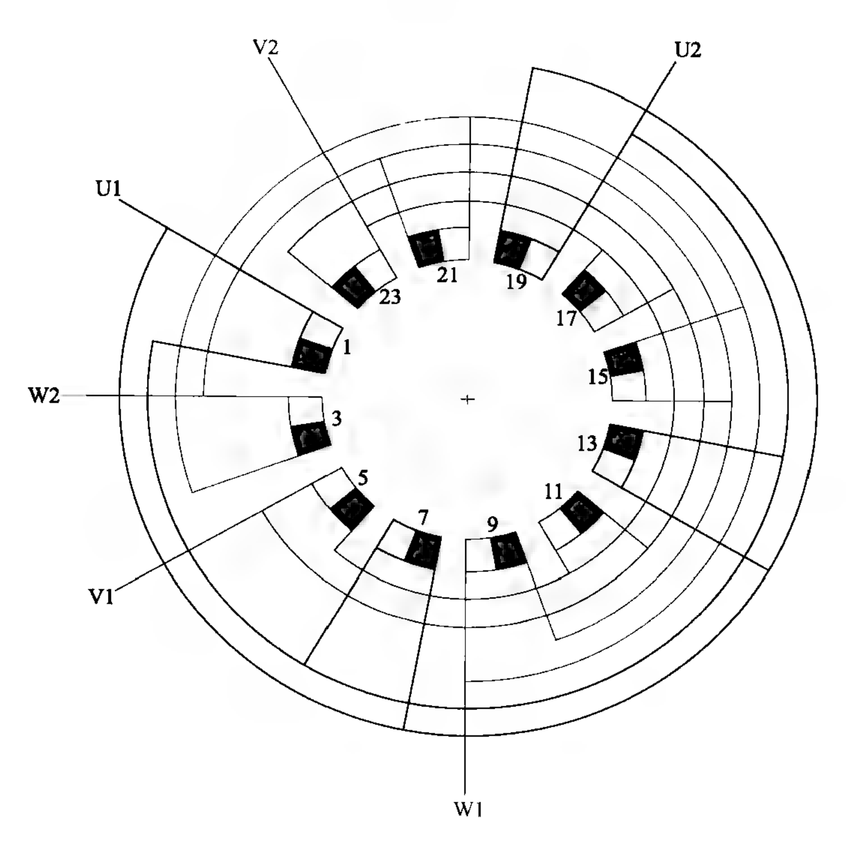


图 12-22（b）　三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=4$，$y=1$—6）

12.23　三相 4 极 24 槽单层同心式绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-23）

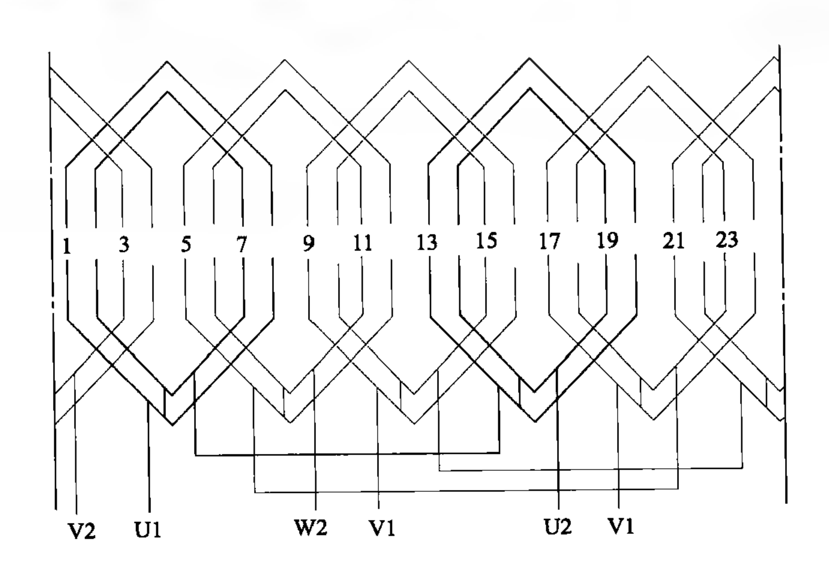


图 12-23（a）　三相单层同心式绕组展开图

$\left(2p=4,\ Z_1=24,\ a=1,\ y=\frac{1-8}{2\ \ 7}\right)$

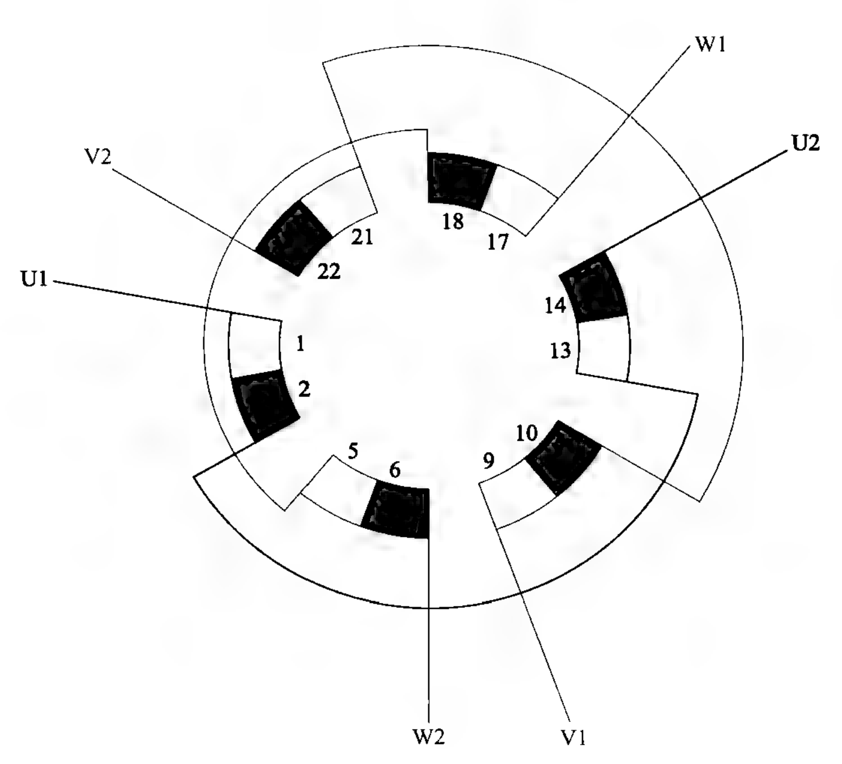
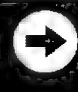


图 12-23（b）　三相单层同心式绕组接线圆图

$\left(2p=4,\ Z_1=24,\ a=1,\ y=\frac{1\ \ 8}{2-7}\right)$

12.24 三相 4 极 24 槽单层同心式绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-24）



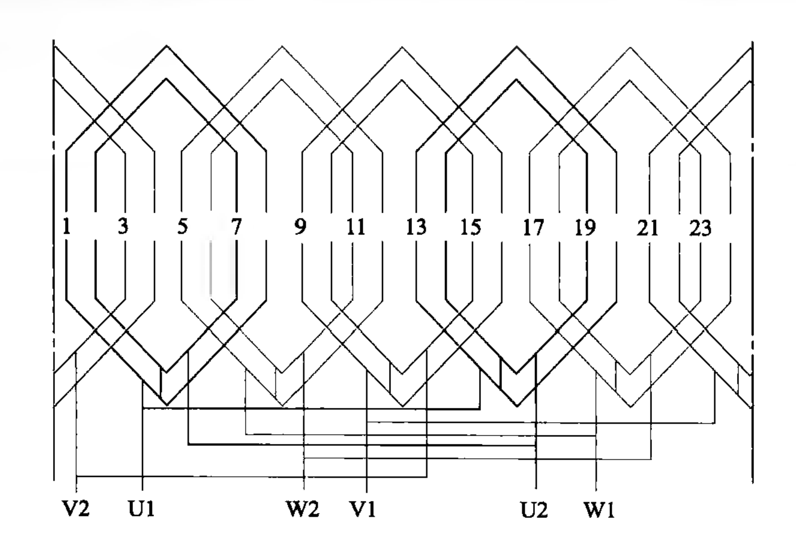


图 12-24（a） 三相单层同心式绕组展开图

$\left(2p=4,\ Z_1=24,\ a=2,\ y=\begin{matrix}1-8\\2\ \ 7\end{matrix}\right)$

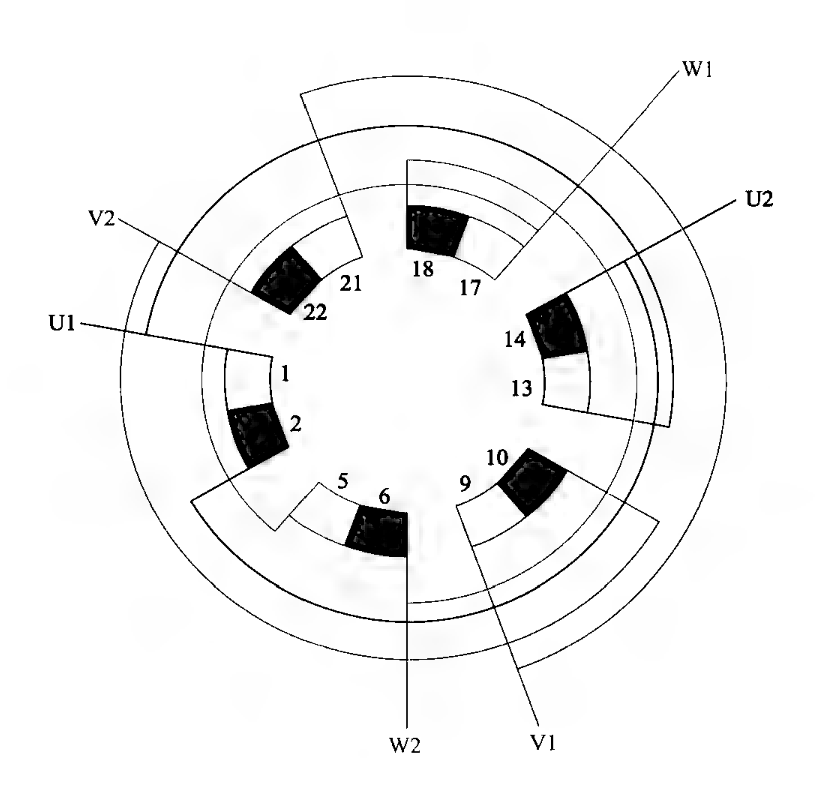


图 12-24（b） 三相单层同心式绕组接线圆图

$\left(2p=4,\ Z_1=24,\ a=2,\ y=\begin{matrix}1\ \ 8\\2-7\end{matrix}\right)$

12.25　三相 4 极 24 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-25）



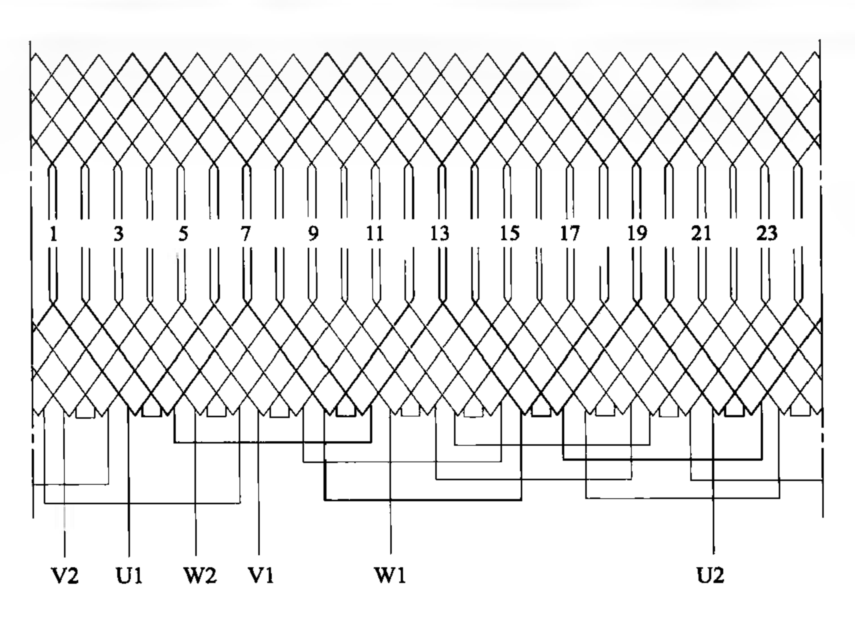


图 12-25（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=1$，$y=1$　6）

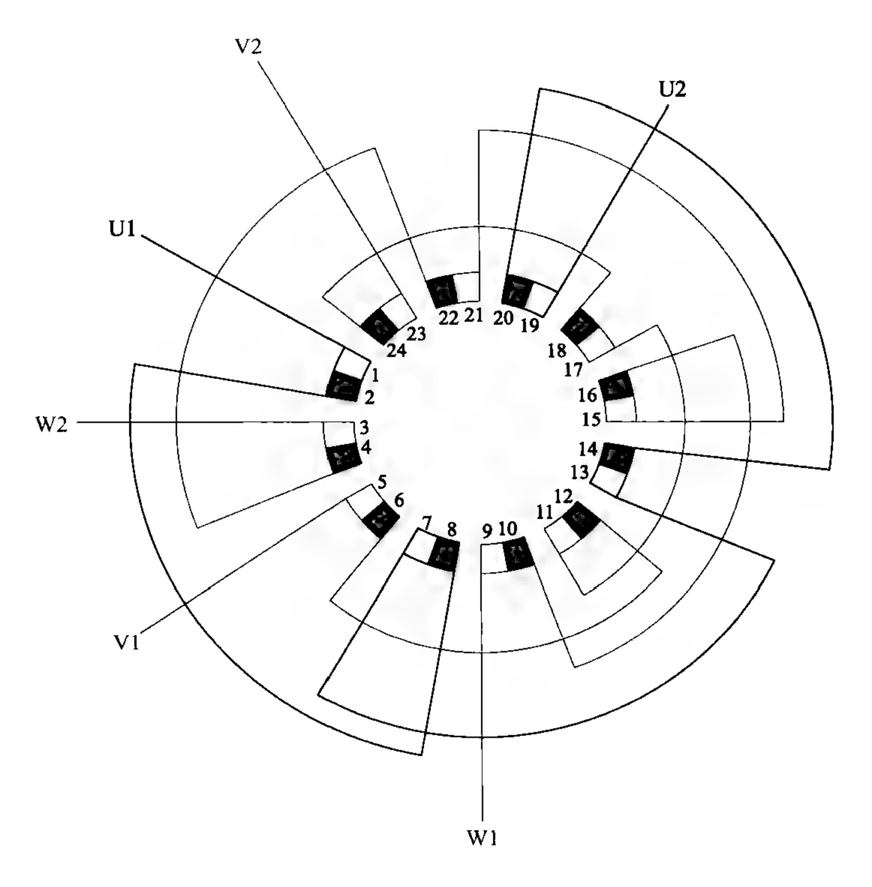


图 12-25（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=1$，$y=1$—6）

12.26　三相 4 极 24 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-26）



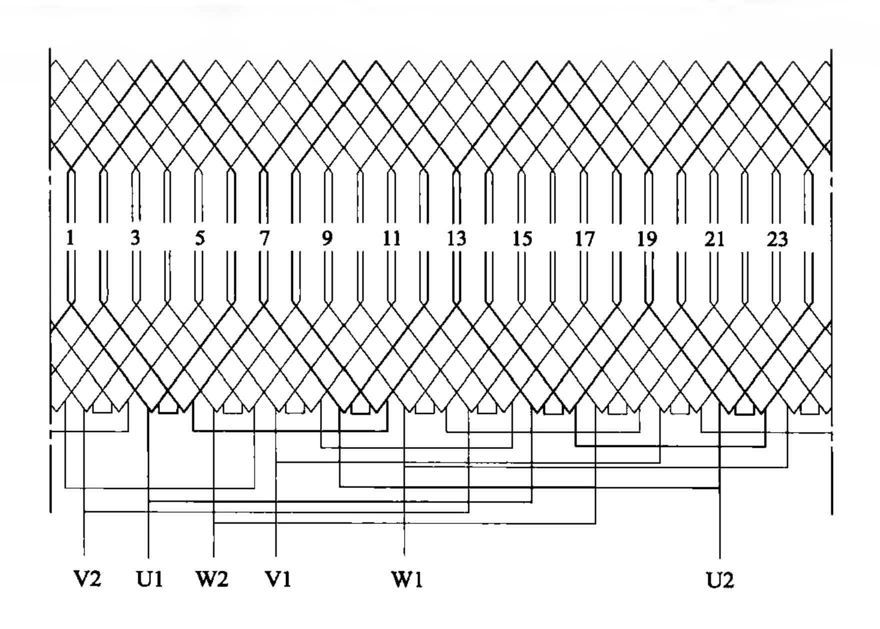


图 12-26（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=2$，$y=1—6$）

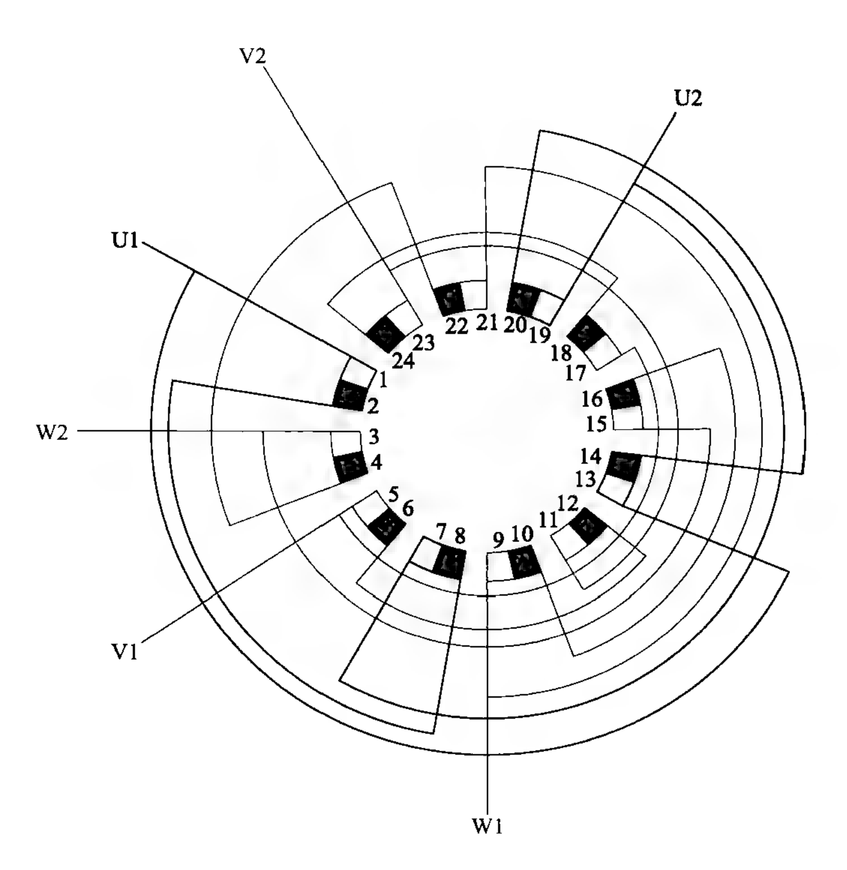


图 12-26（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=2$，$y=1—6$）

12.27　三相4极24槽双层叠绕组4路接法展开图与接线圆图（图12-27）

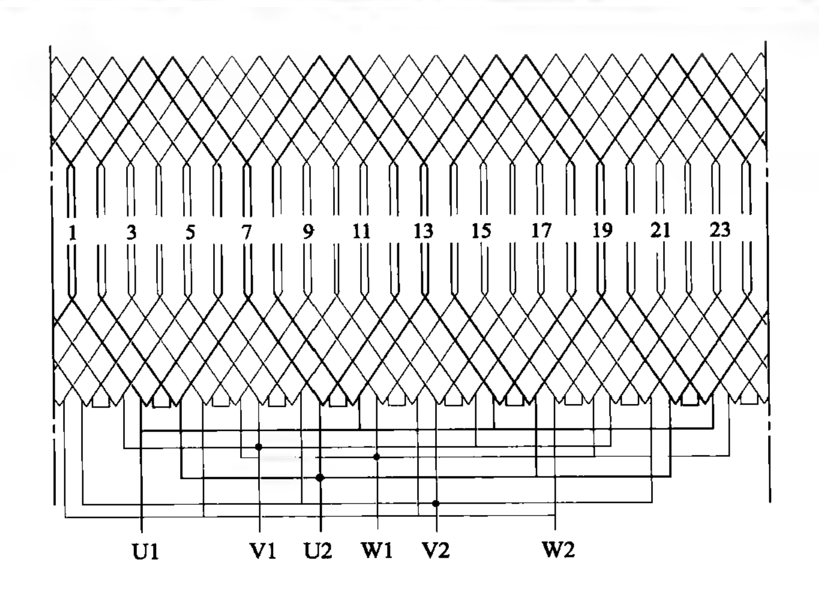


图12-27（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=4$，$y=1—6$）

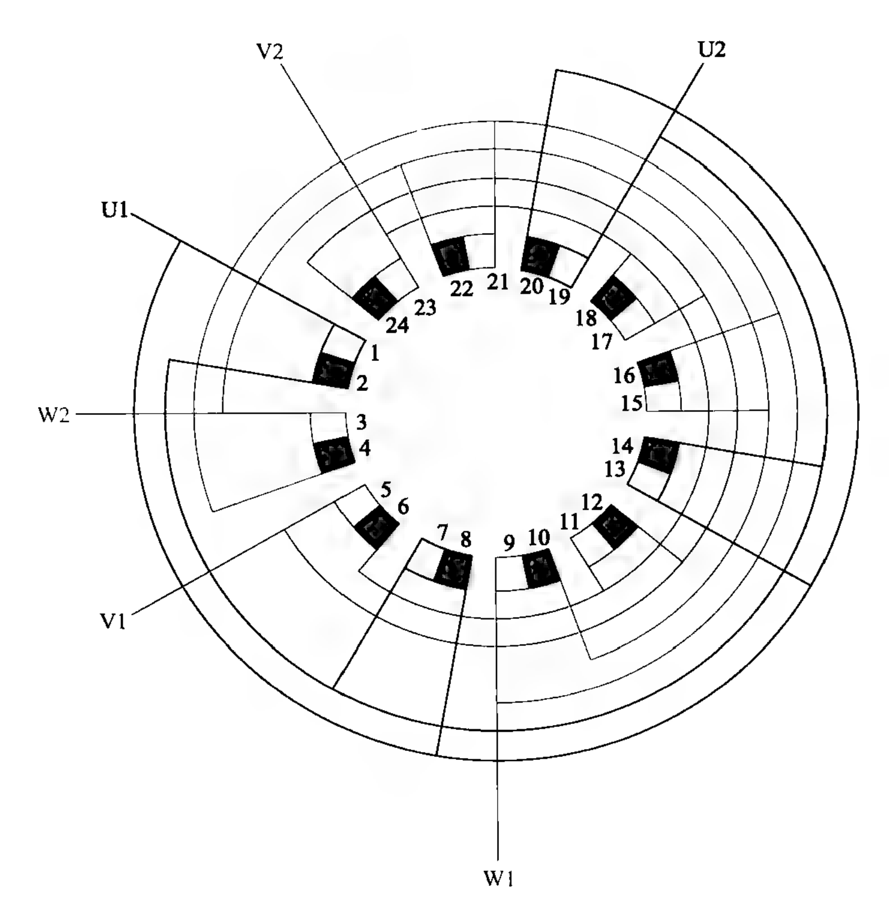


图12-27（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=24$，$a=4$，$y=1$　6）

12.28　三相 4 极 30 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-28）



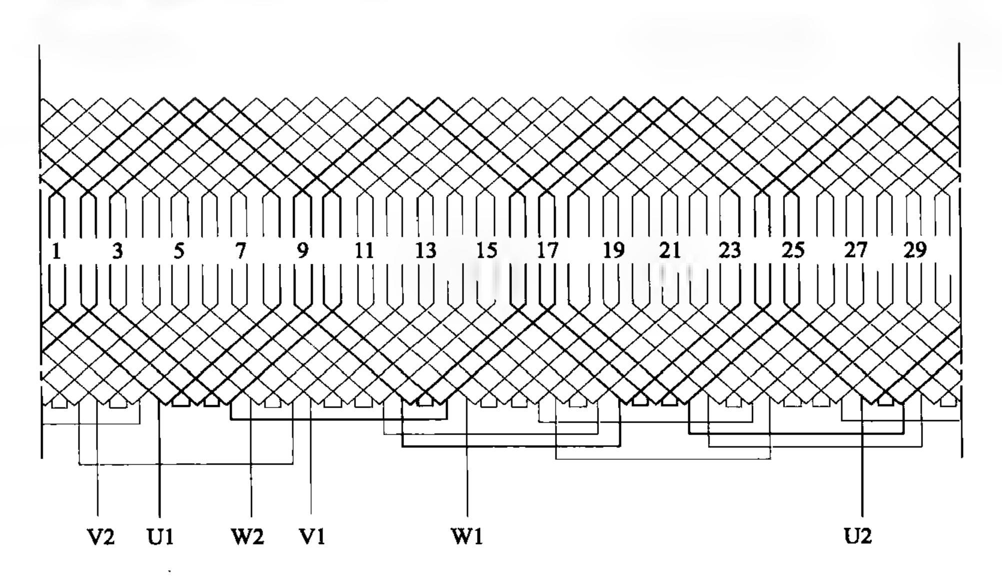


图 12-28（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=30$，$a=1$，$y=1—8$）

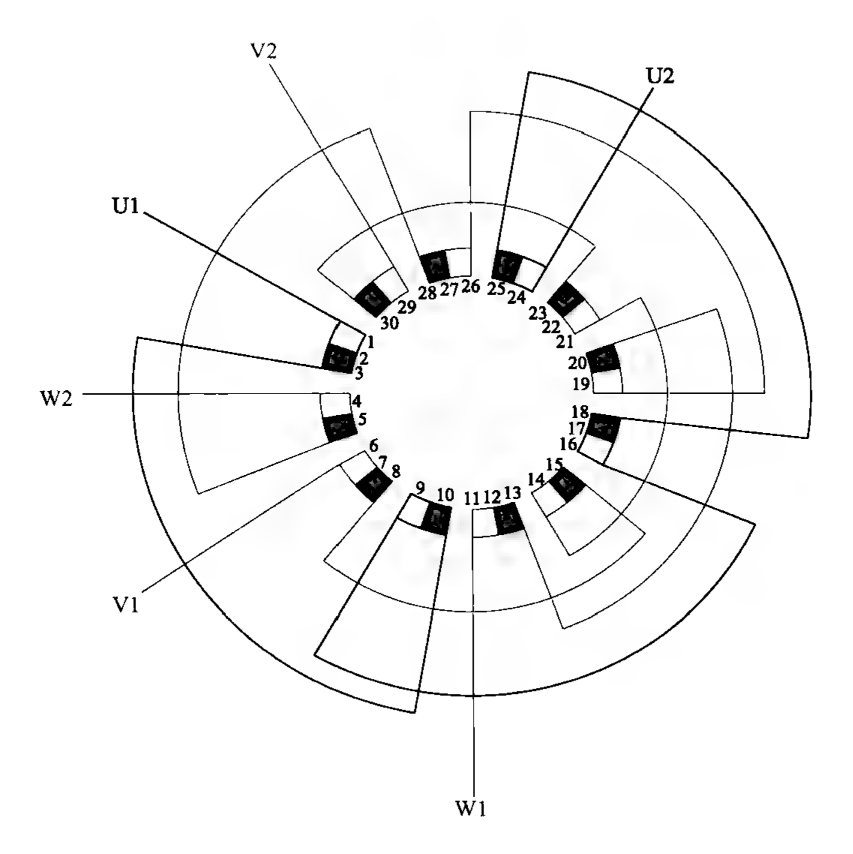


图 12-28（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=30$，$a=1$，$y=1—8$）

12.29　三相 4 极 30 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-29）



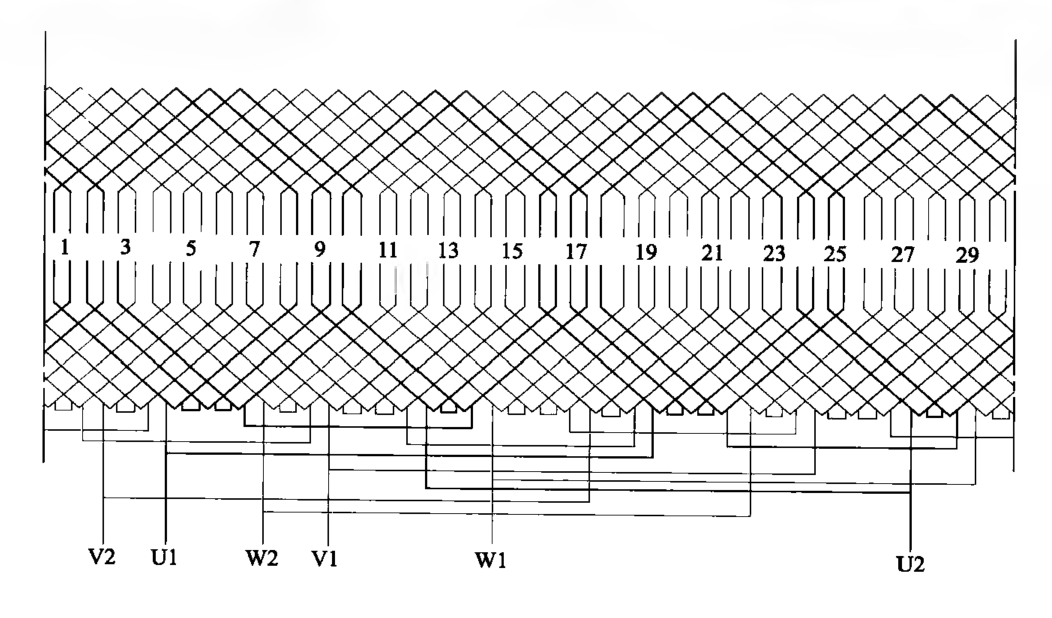


图 12-29（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=30$，$a=2$，$y=1-8$）

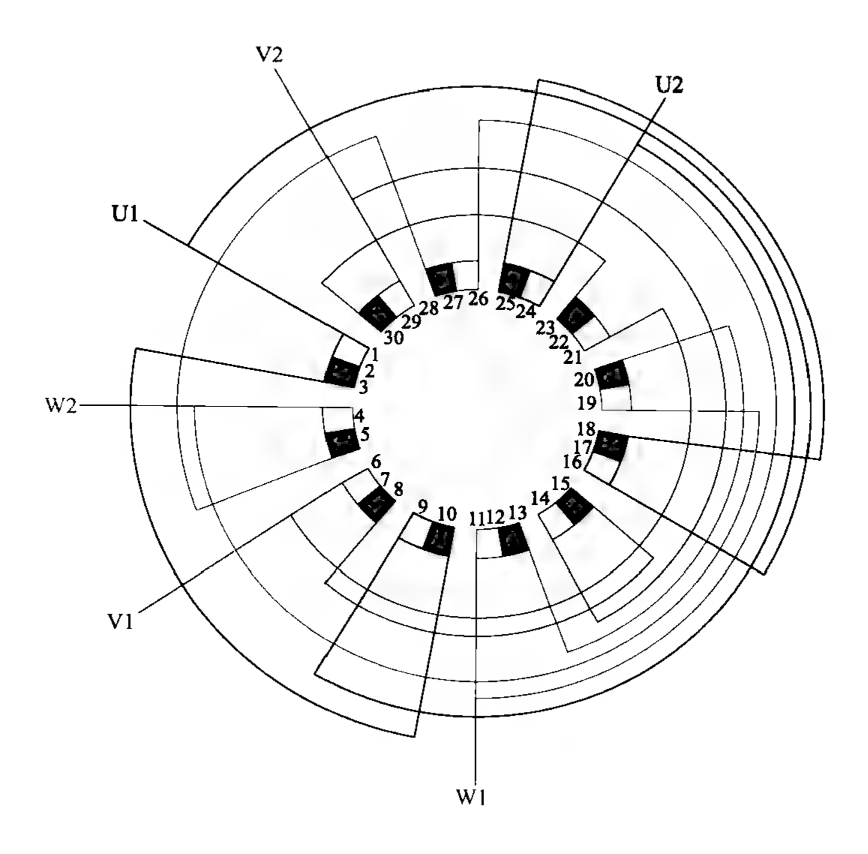


图 12-29（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=30$，$a=2$，$y=1—8$）

12.30　三相 4 极 36 槽单层交叉式绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12.30）



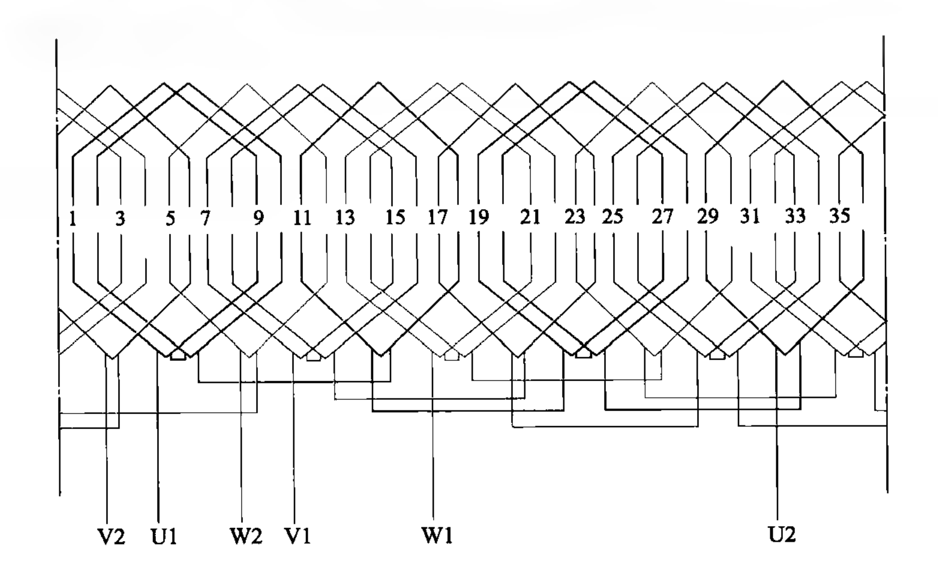


图 12-30（a）　三相单层交叉式绕组展开图

$\left(2p=4，Z_1=36，a=1，y=\frac{2/1—9}{1/1—8}\right)$

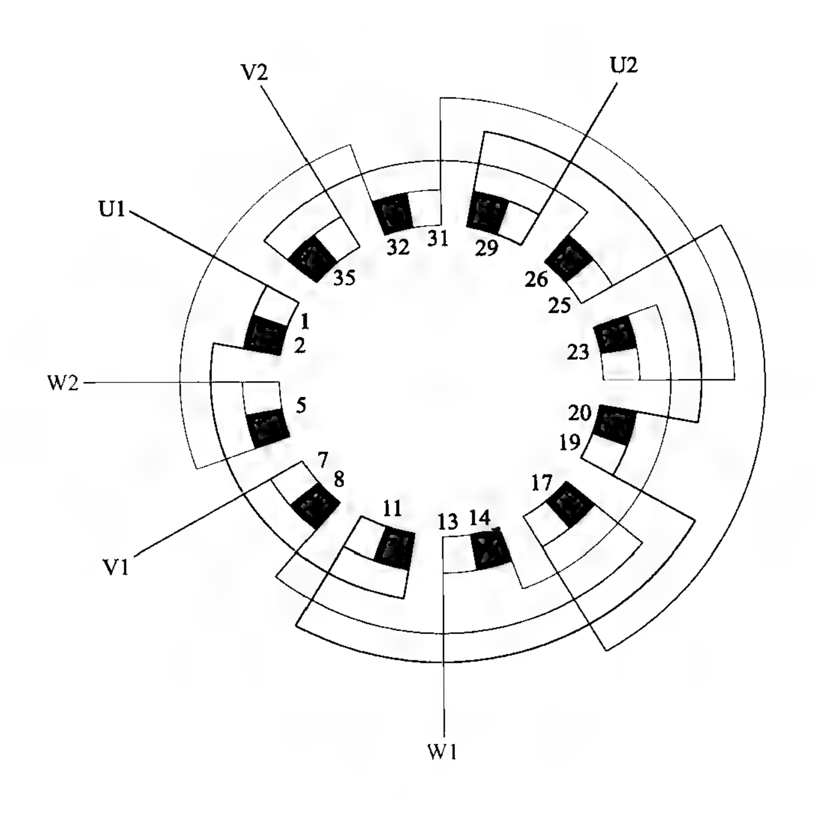


图 12-30（b）　三相单层交叉式绕组接线圆图

$\left(2p=4，Z_1=36，a=1，y=\frac{2/1—9}{1/1—8}\right)$

12.31　三相 4 极 36 槽单层交叉式绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12.31）



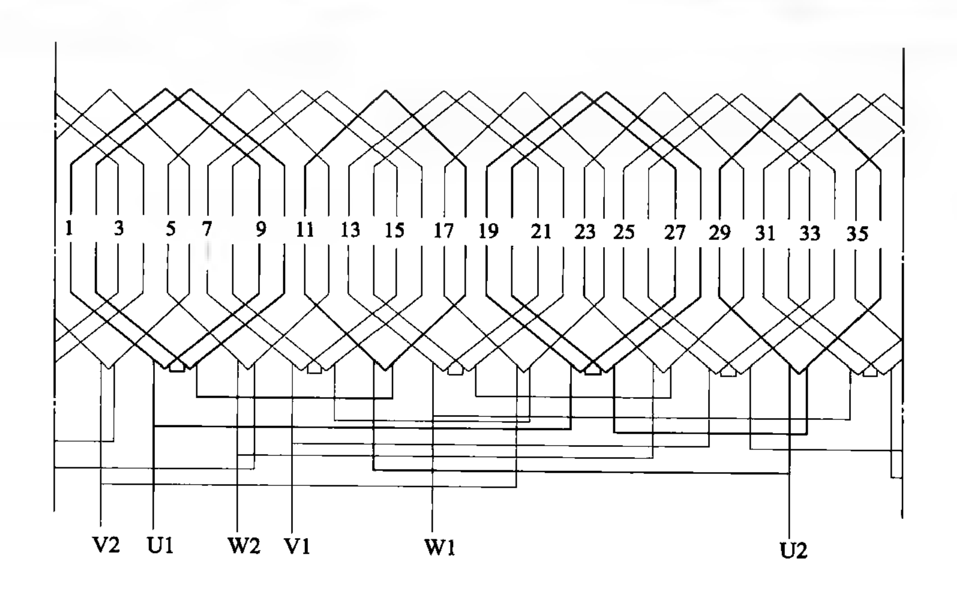


图 12-31（a）　三相单层交叉式绕组展开图

$\left(2p=4,\ Z_1=36,\ a=2,\ y=\frac{2/1-9}{1/1-8}\right)$

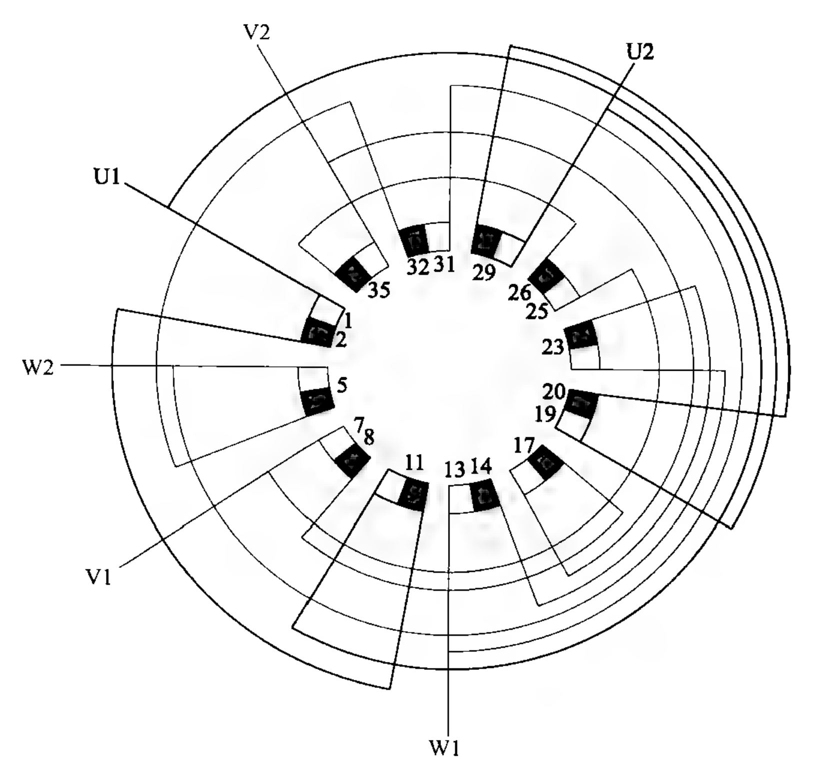


图 12-31（b）　三相单层交叉式绕组接线圆图

$\left(2p=4,\ Z_1=36,\ a=2,\ y=\frac{2/1-9}{1/1-8}\right)$

12.32　三相 4 极 36 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12.32）

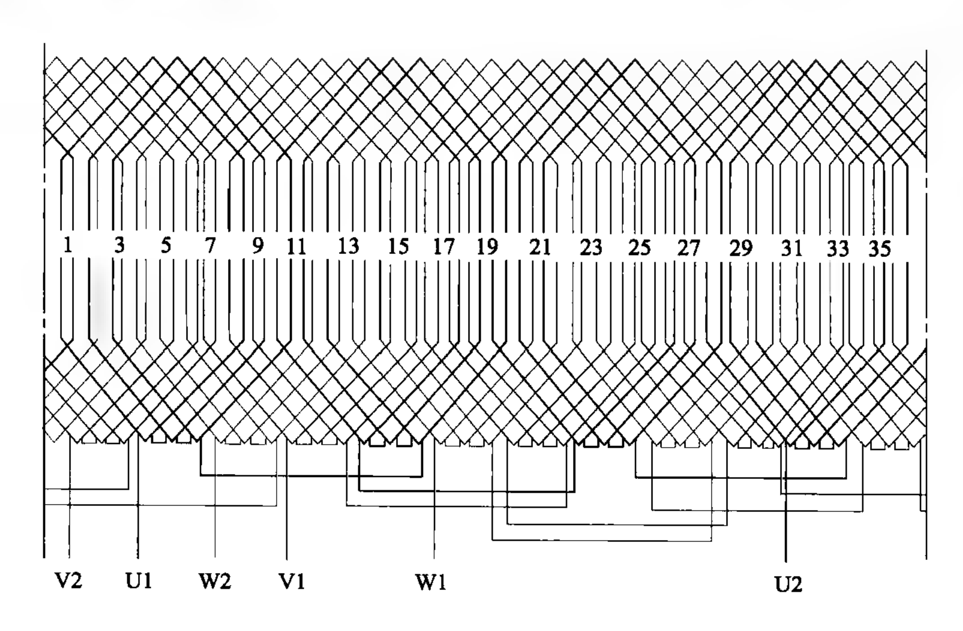


图 12-32（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=36$，$a=1$，$y=1-8$）

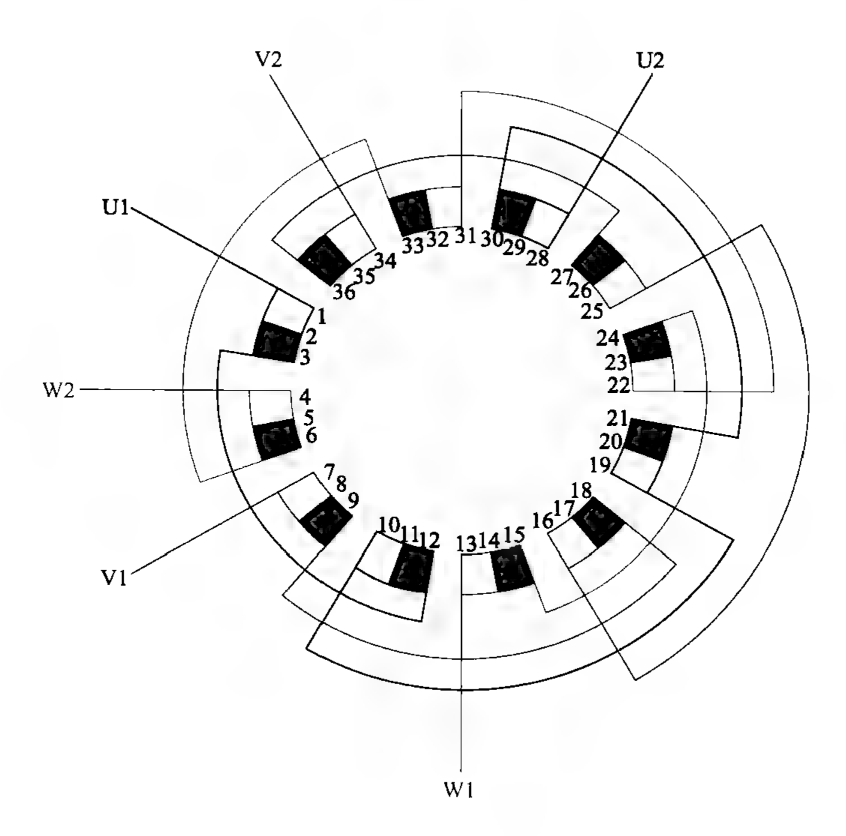


图 12-32（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=36$，$a=1$，$y=1-8$）

12.33 三相 4 极 36 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-33）



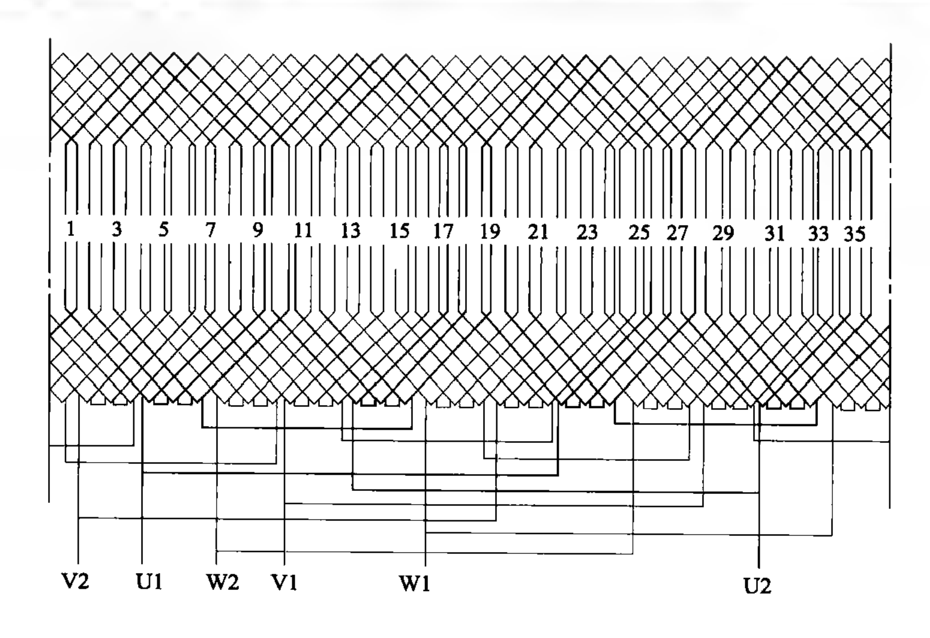


图 12-33（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=36$，$a=2$，$y=1—8$）

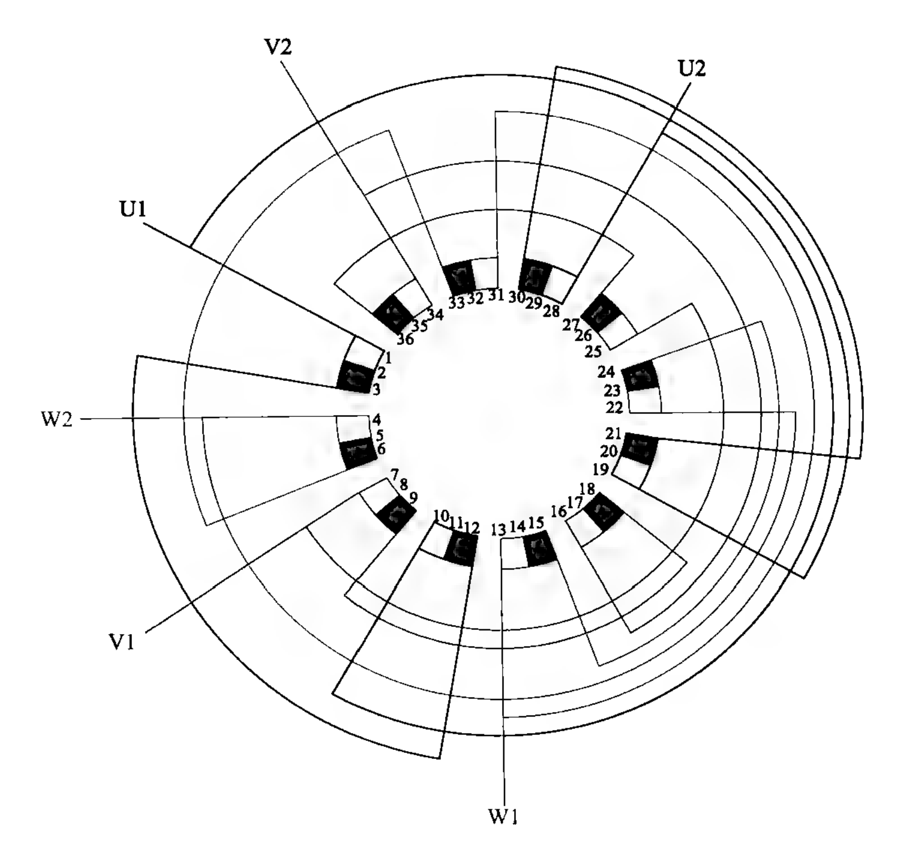


图 12-33（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=36$，$a=2$，$y=1—8$）

12.34　三相 4 极 36 槽双层叠绕组 4 路接法展开图与接线圆图（图 12-34）

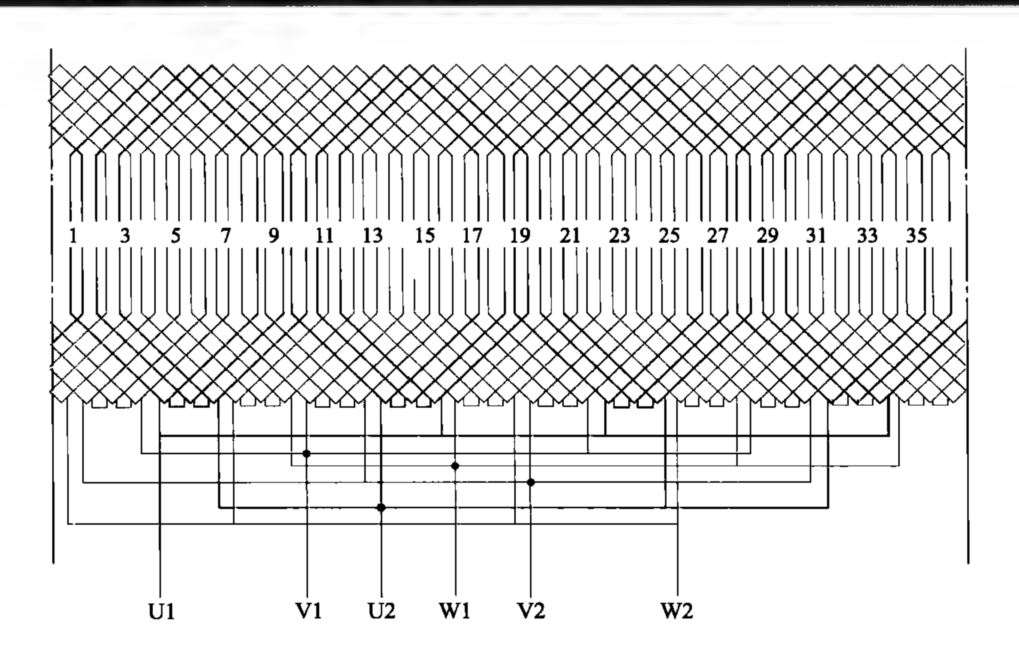


图 12-34（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=36$，$a=4$，$y=1-8$）

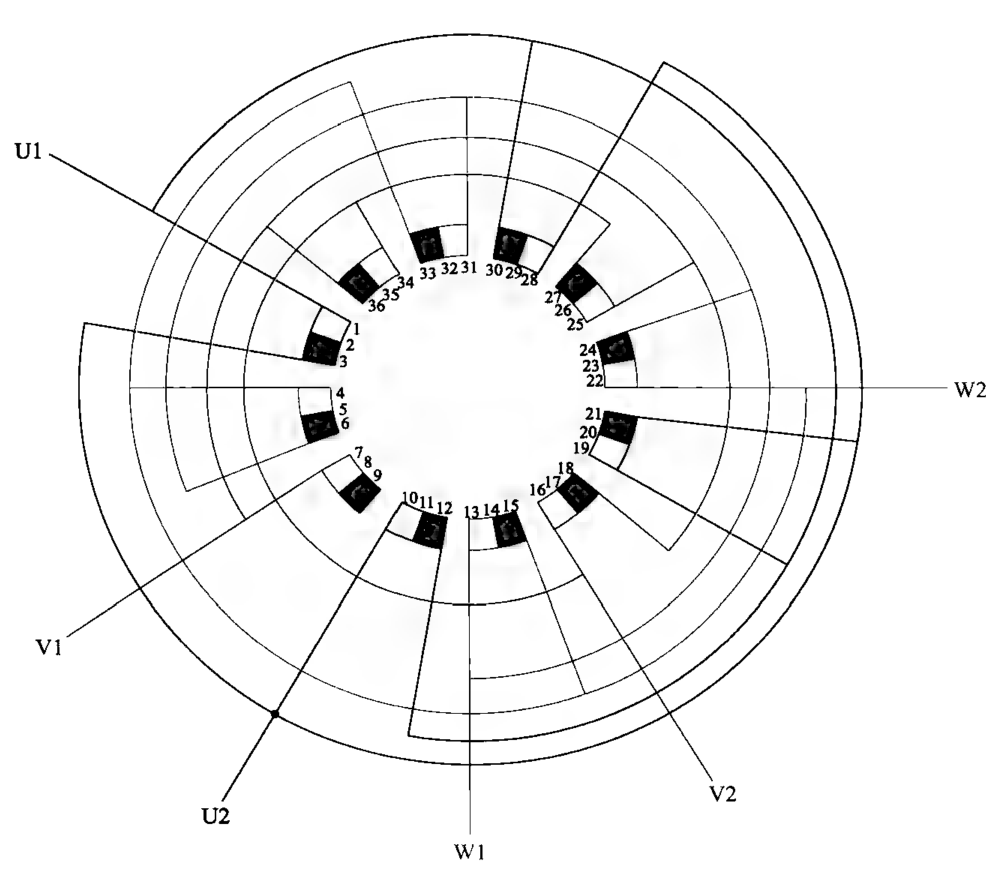
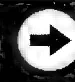


图 12-34（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=36$，$a=4$，$y=1-8$）

12.35　三相4极48槽单层链式绕组1路接法展开图与接线圆图（图12-35）



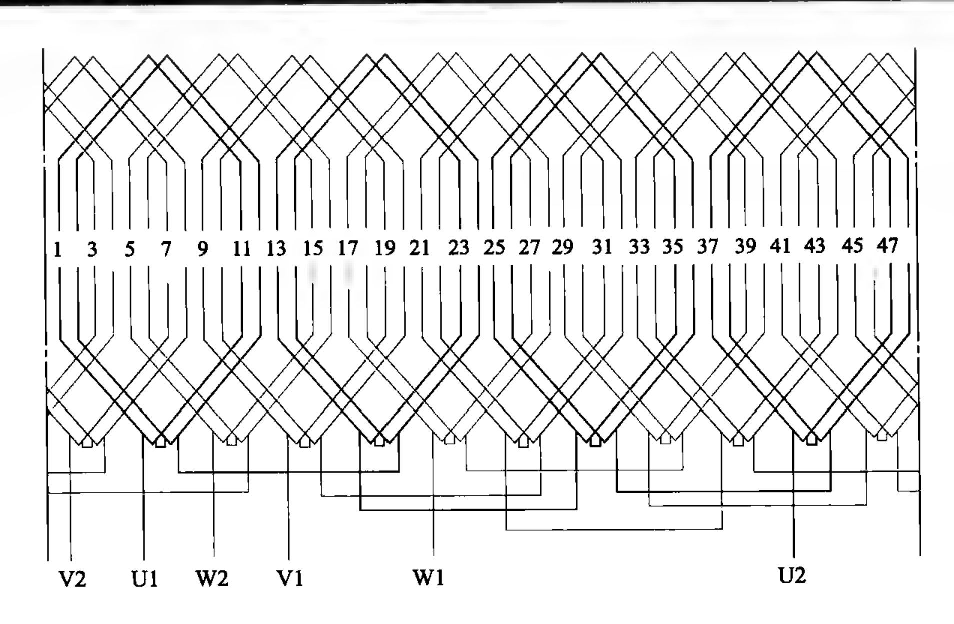


图12-35（a）　三相单层链式绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1—11$）

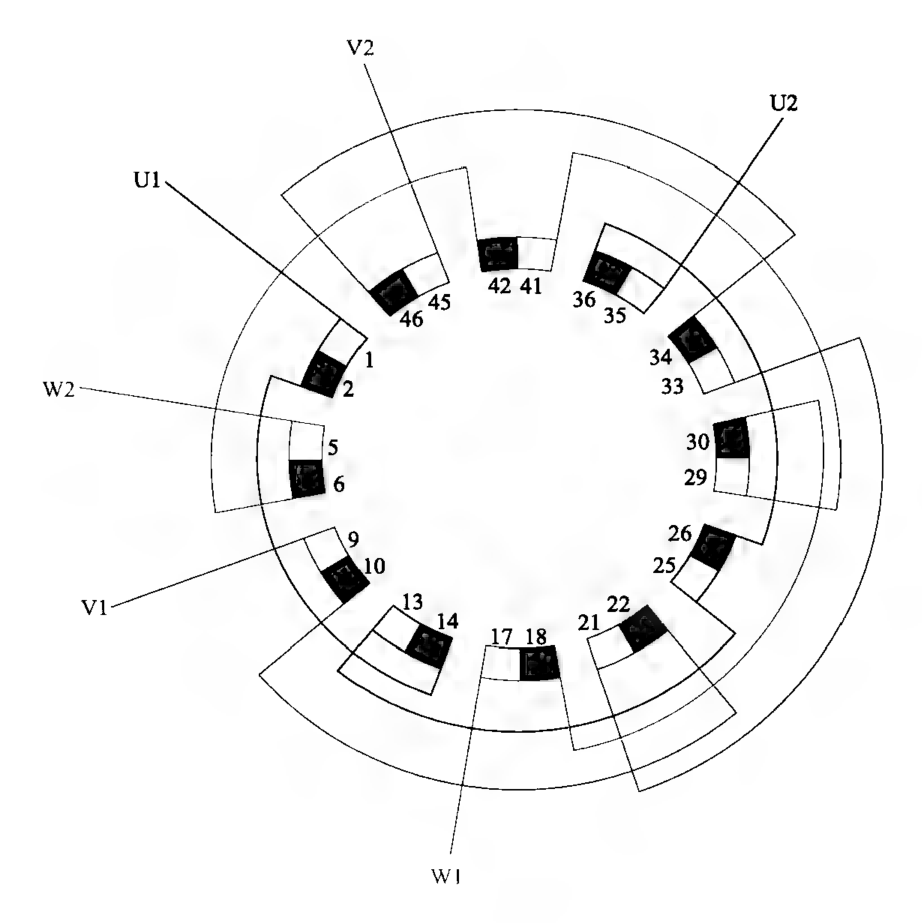


图12-35（b）　三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1—11$）

12.36　三相 4 极 48 槽单层链式绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12 36）

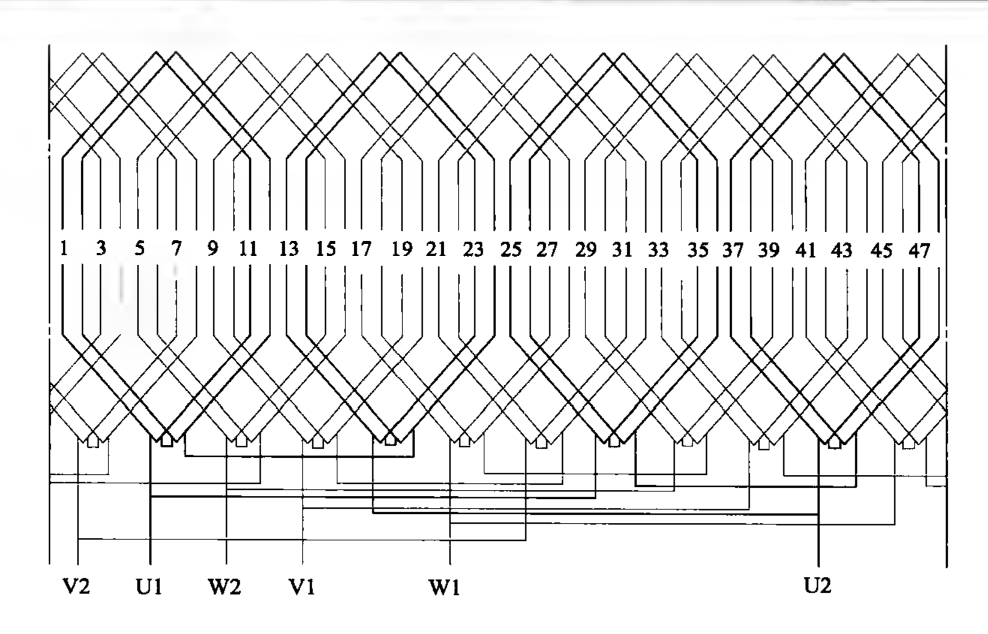


图 12-36（a）　三相单层链式绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1$　11）

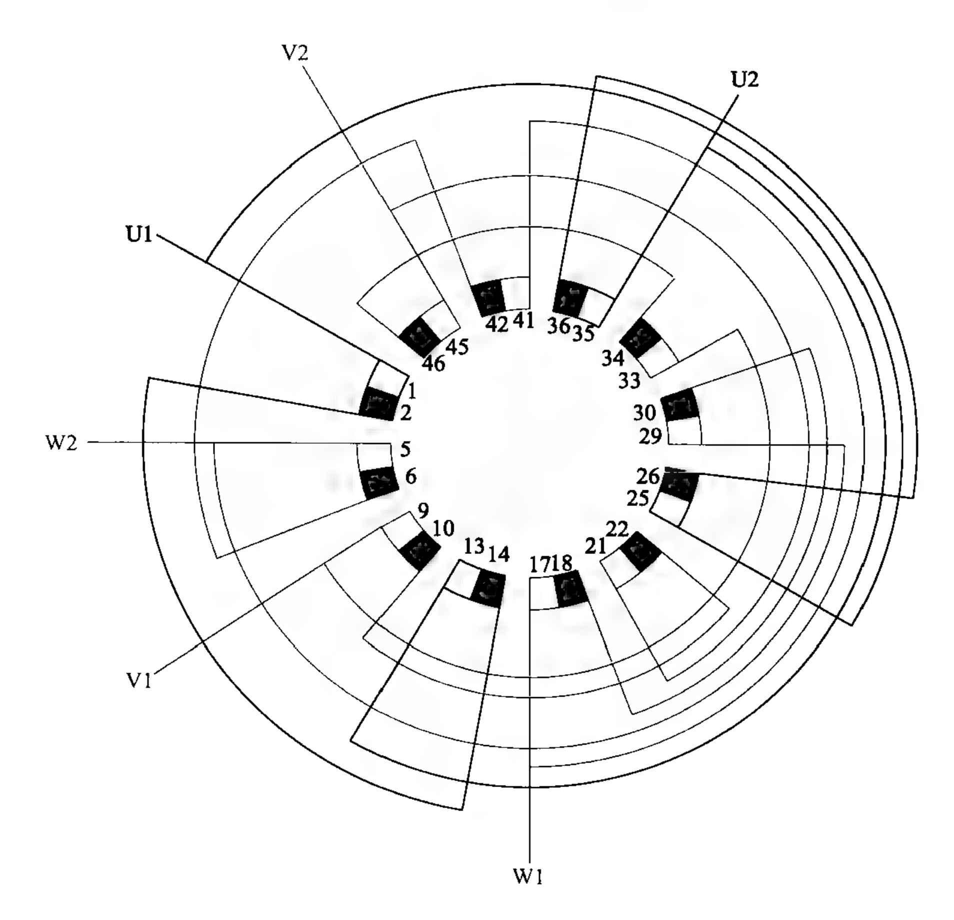


图 12-36（b）　三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1—11$）

12.37　三相 4 极 48 槽单层链式绕组 4 路接法展开图与接线圆图（图 12-37）

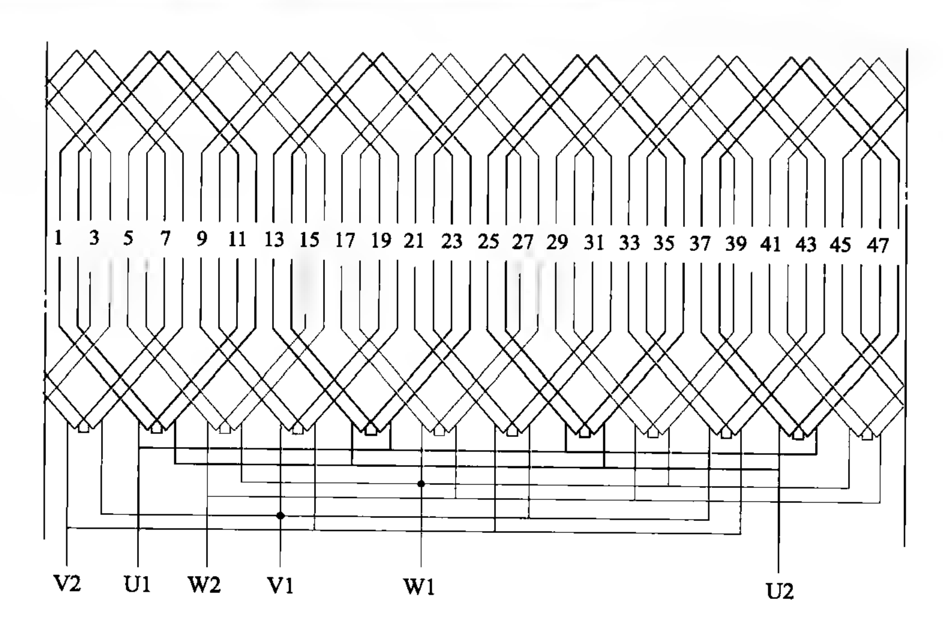


图 12-37（a）　三相单层链式绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=4$，$y=1—11$）

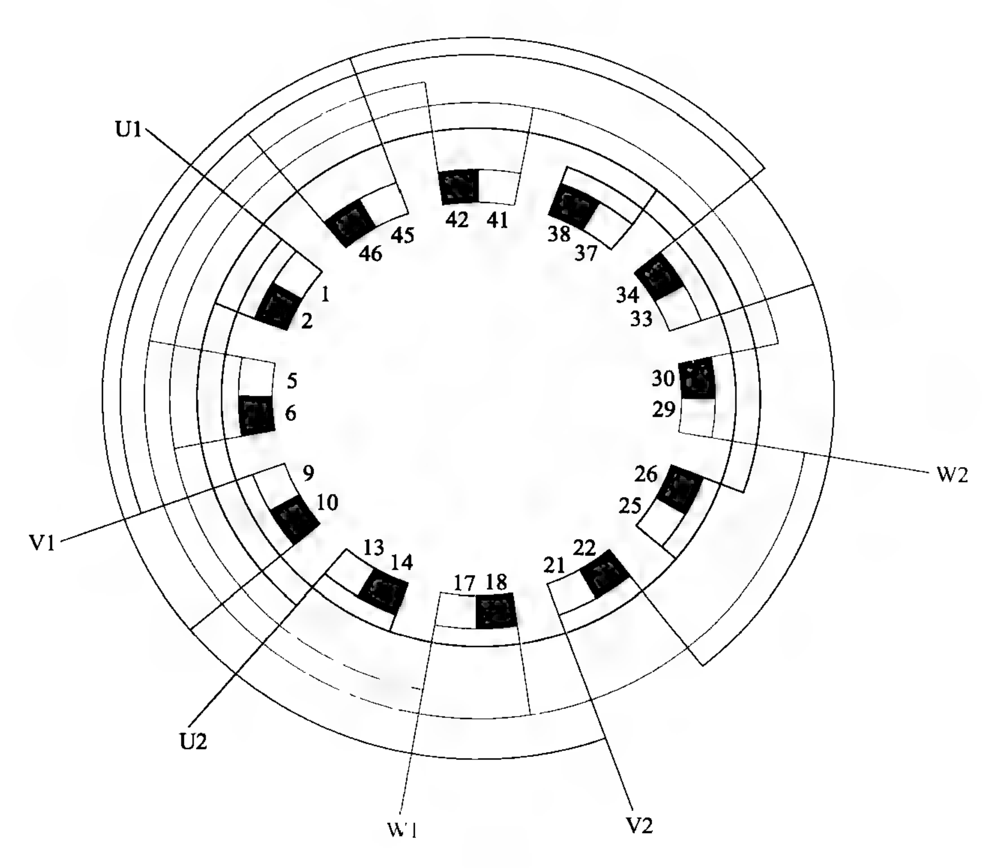


图 12-37（b）　三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=4$，$y=1—11$）

12.38　三相 4 极 48 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（1）（图12 38）

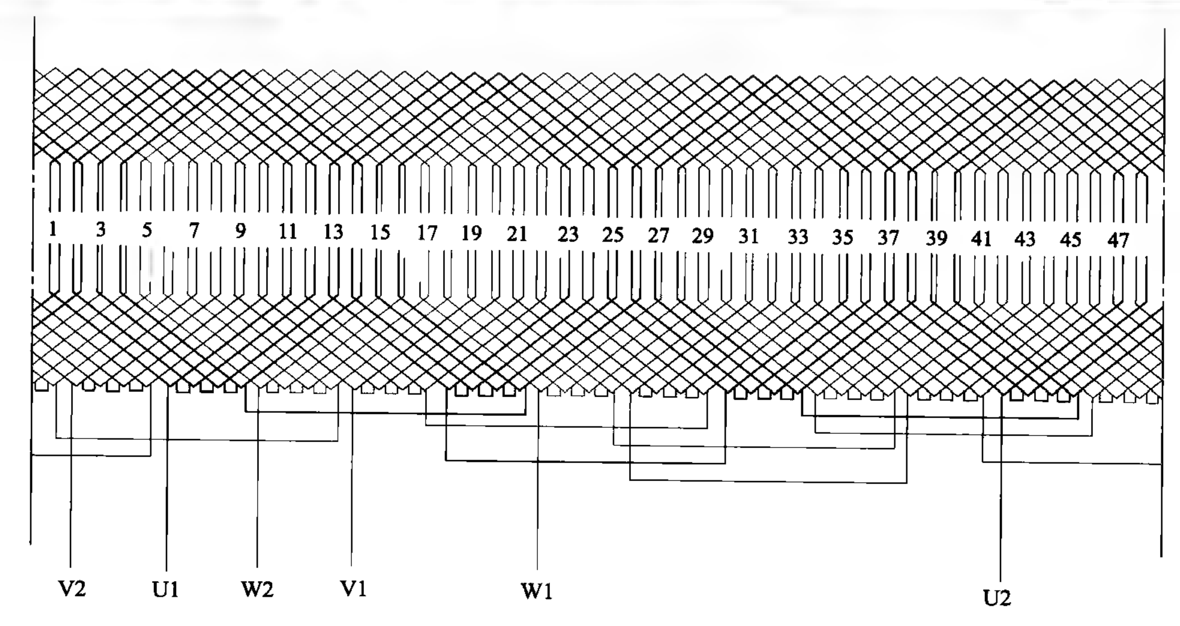


图 12-38（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1—11$）

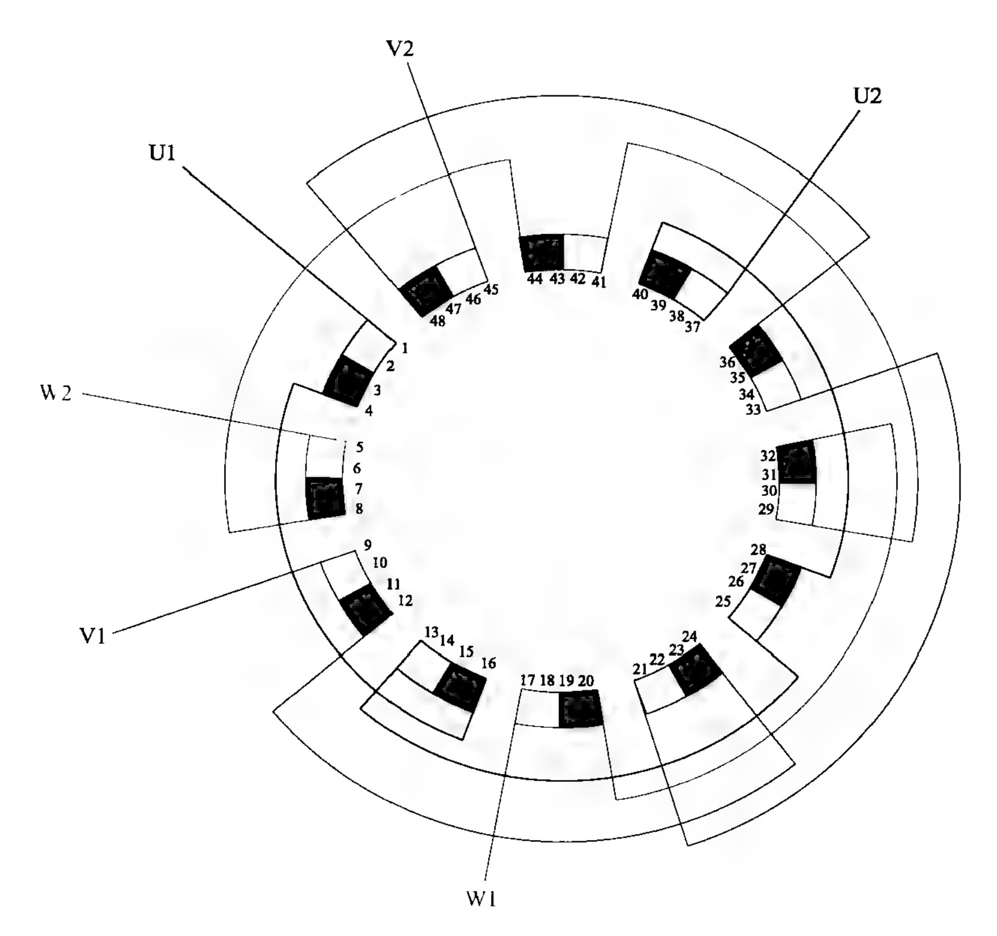


图 12-38（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1—11$）

12.39　三相 4 极 48 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（2）（图 12.39）



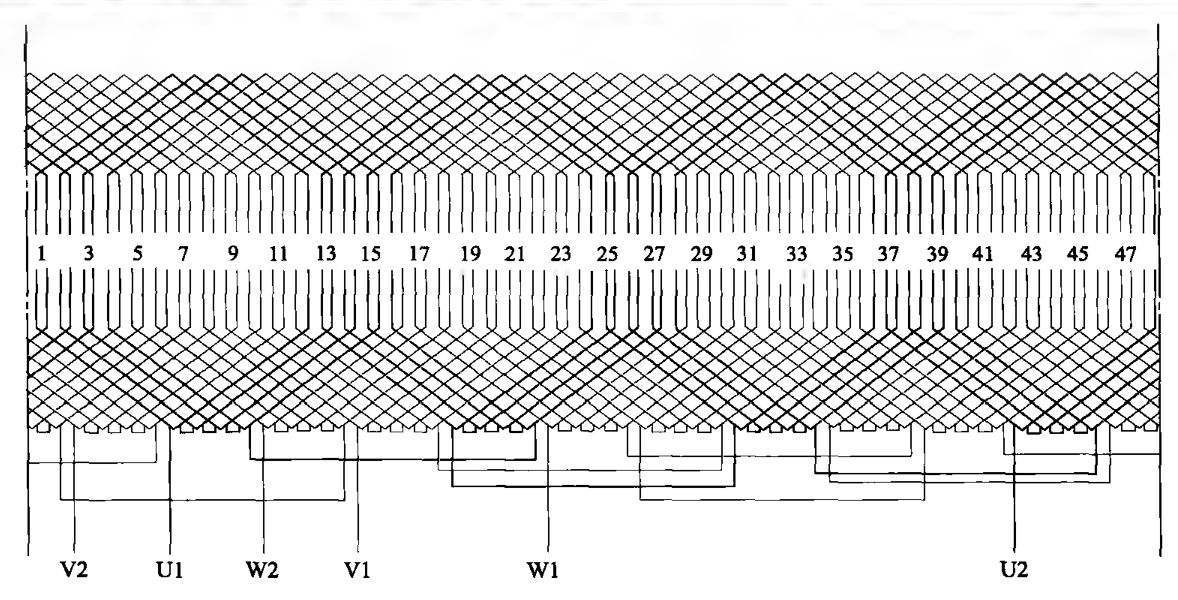


图 12-39（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1—12$）

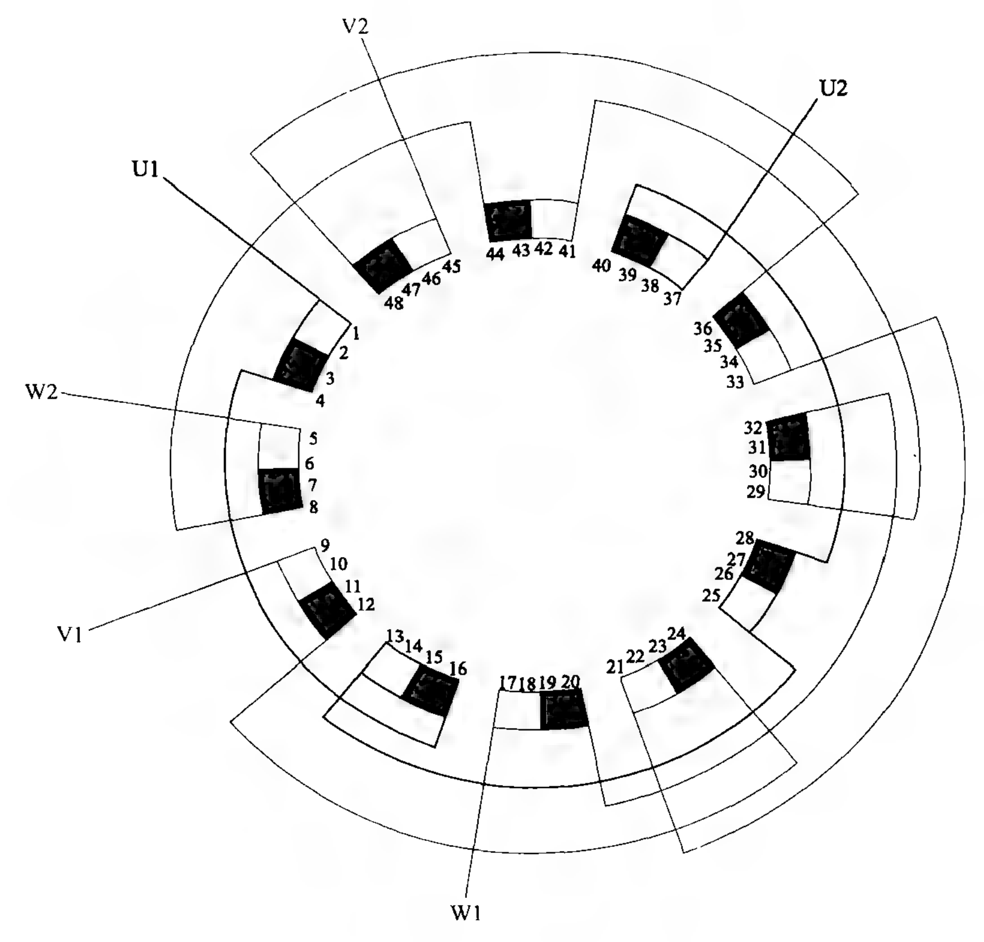


图 12-39（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1—12$）

12.40　三相 4 极 48 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（1）（图12-40）



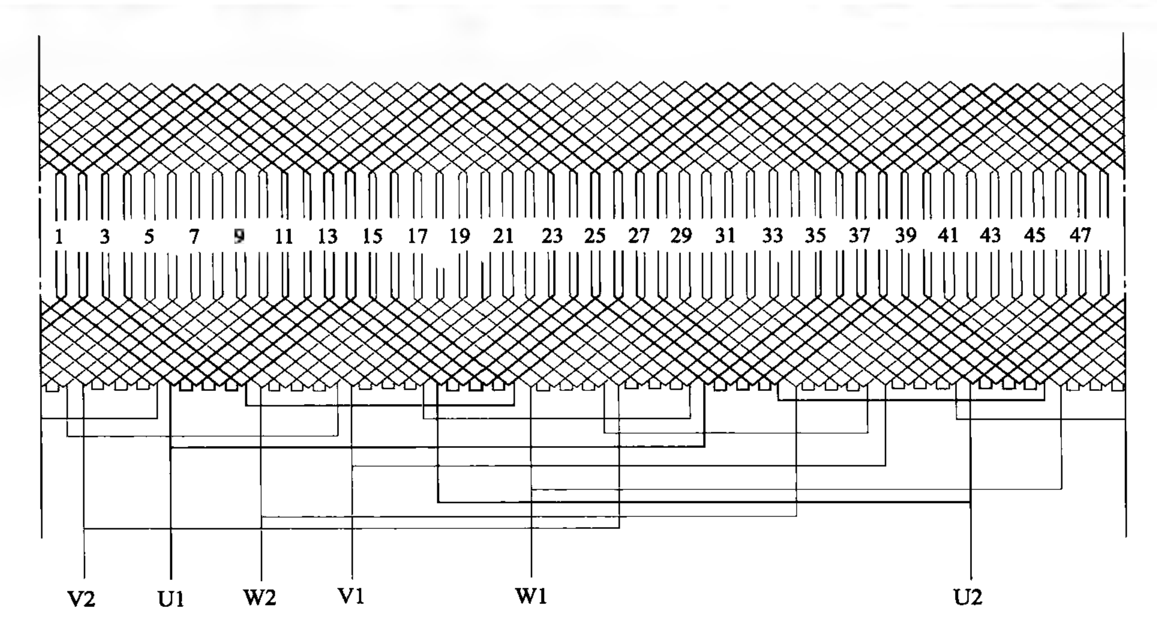


图 12-40（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1—11$）

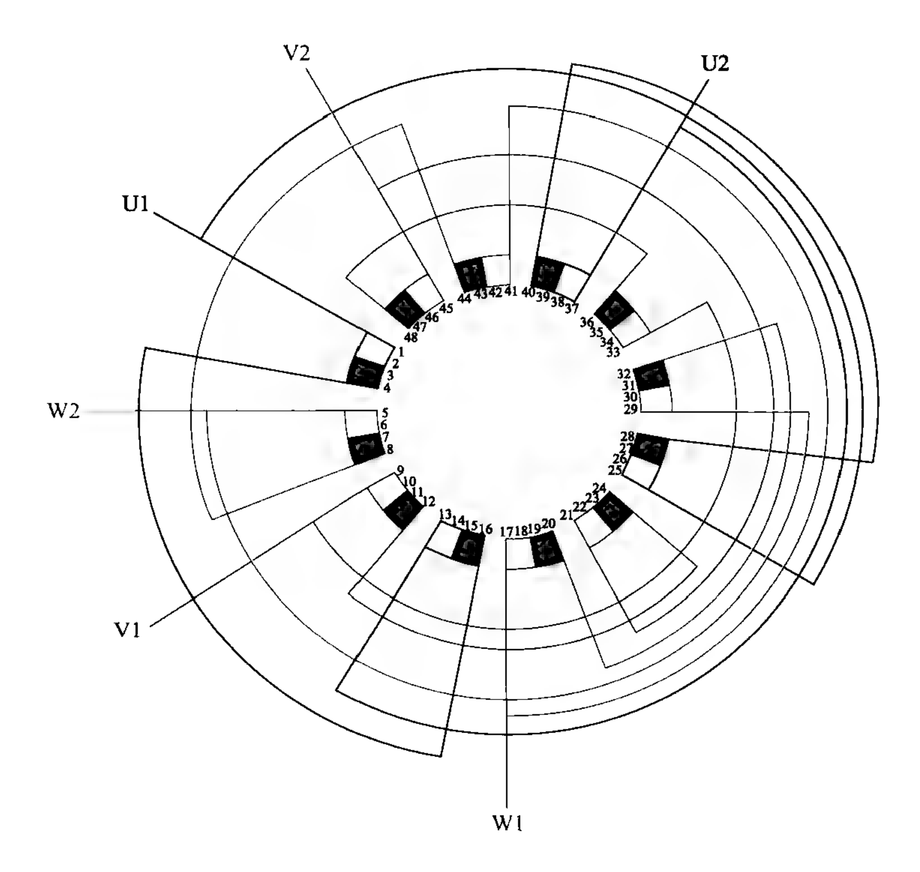


图 12-40（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1—11$）

12.41　三相 4 极 48 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（2）（图12-41）

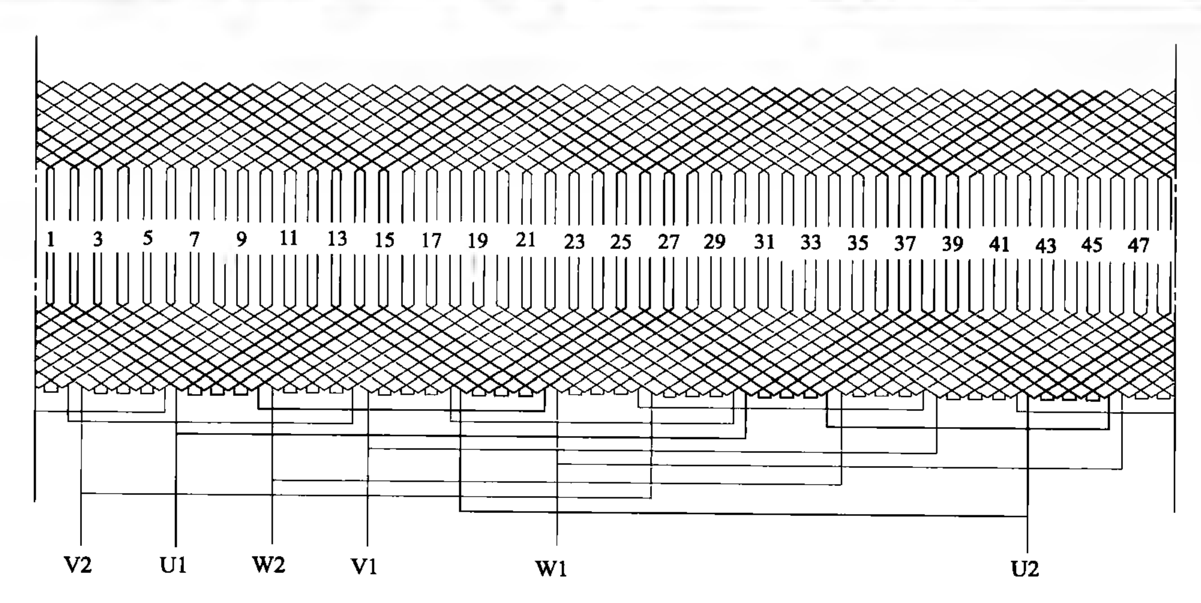


图 12-41（a）三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1—12$）

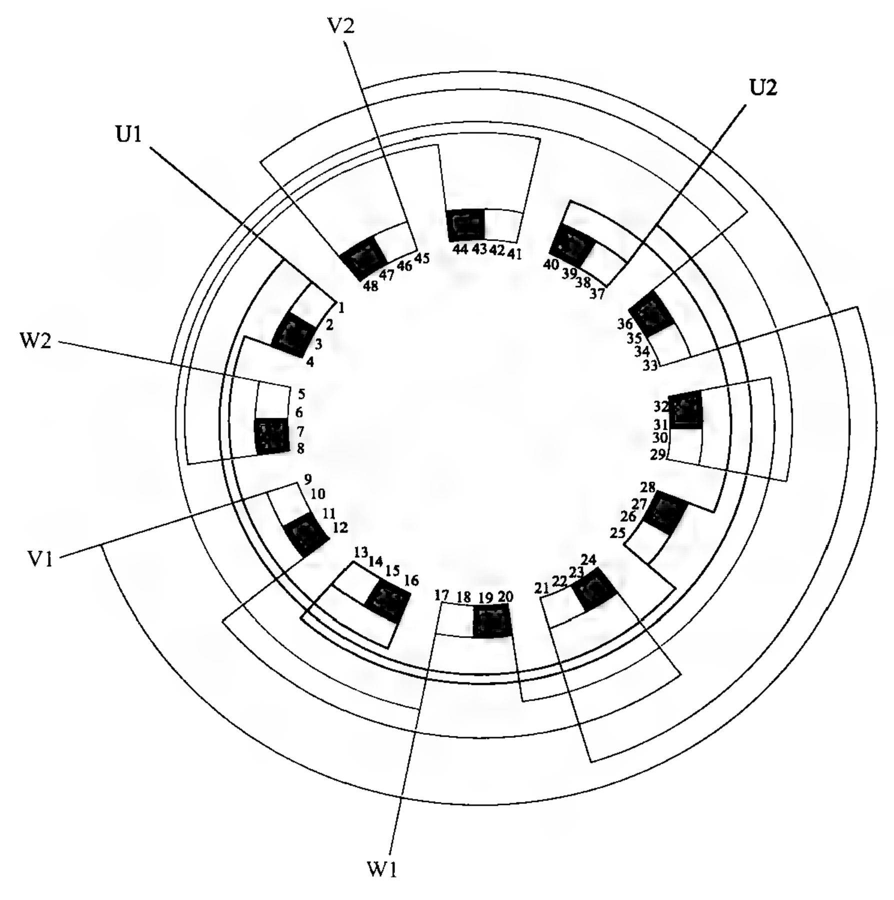


图 12-41（b）三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1—12$）

12.42　三相 4 极 48 槽双层叠绕组 4 路接法展开图与接线圆图（1）（图 12-42）

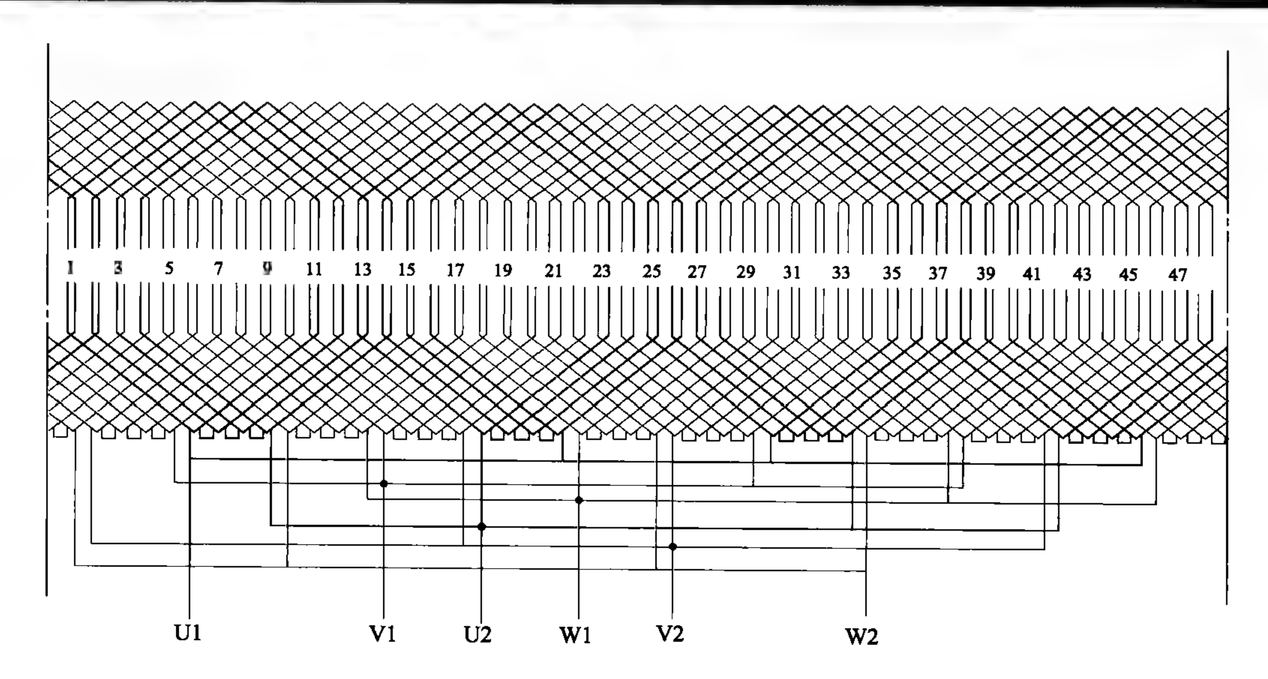


图 12-42（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=4$，$y=1—11$）

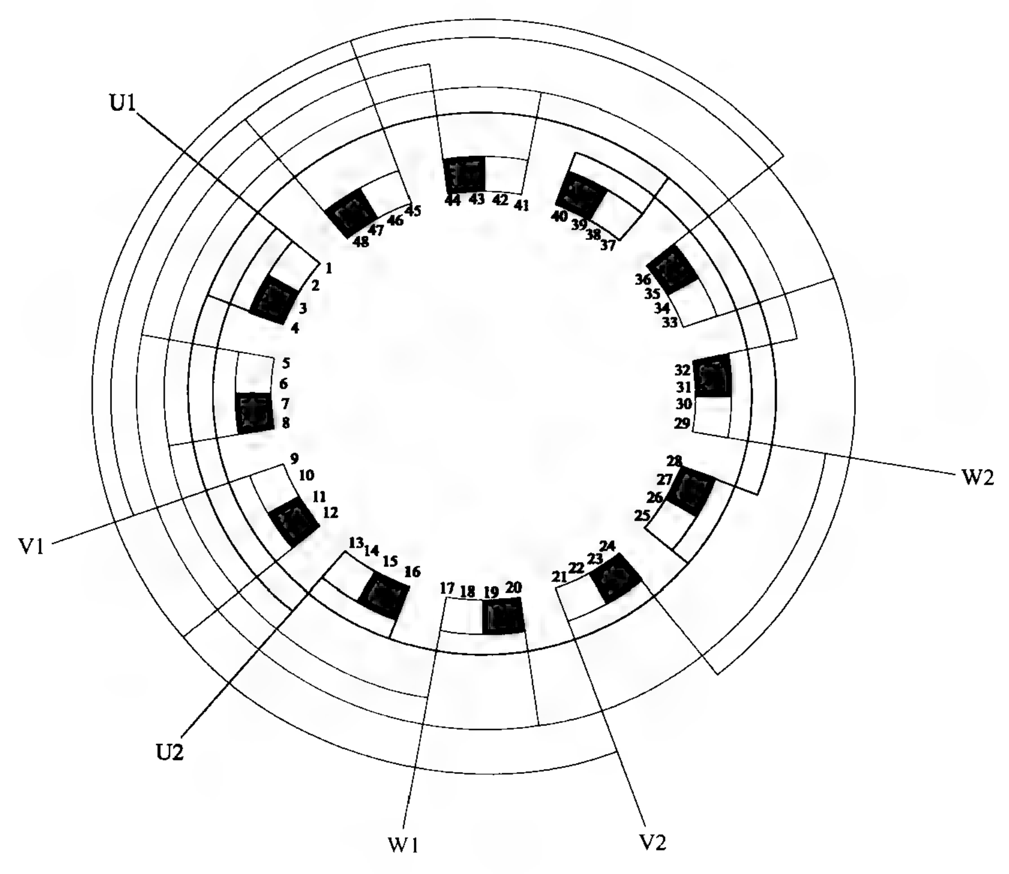


图 12-42（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=4$，$y=1$　11）

12.43　三相 4 极 48 槽双层叠绕组 4 路接法展开图与接线圆图（2）（图12 43）

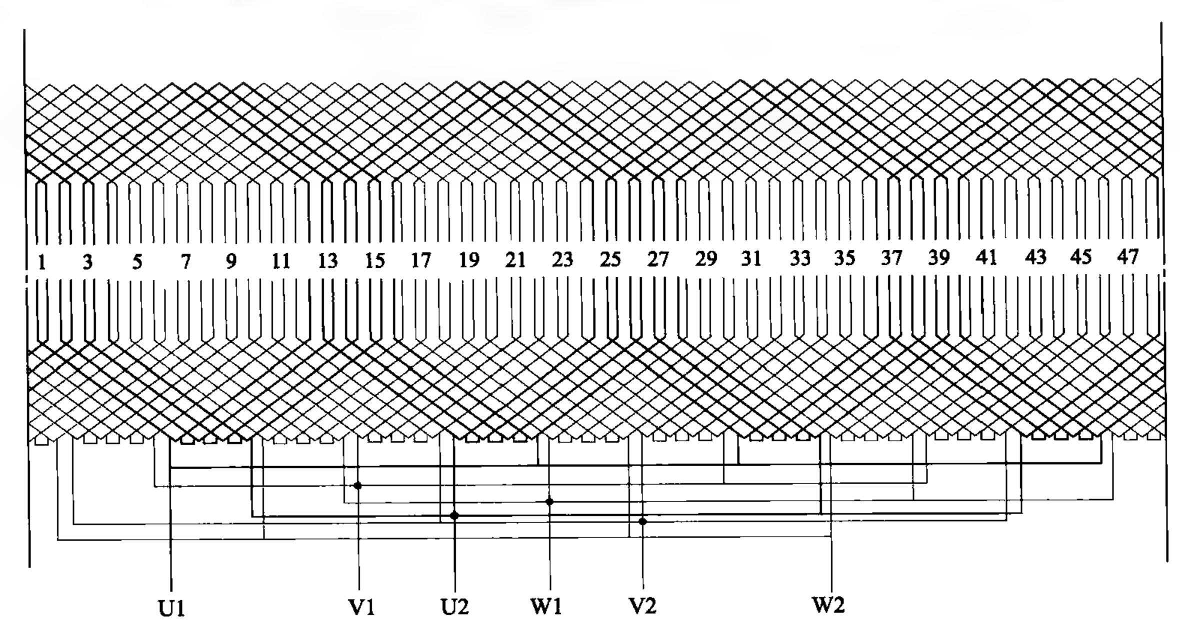


图 12-43（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=4$，$y=1-12$）

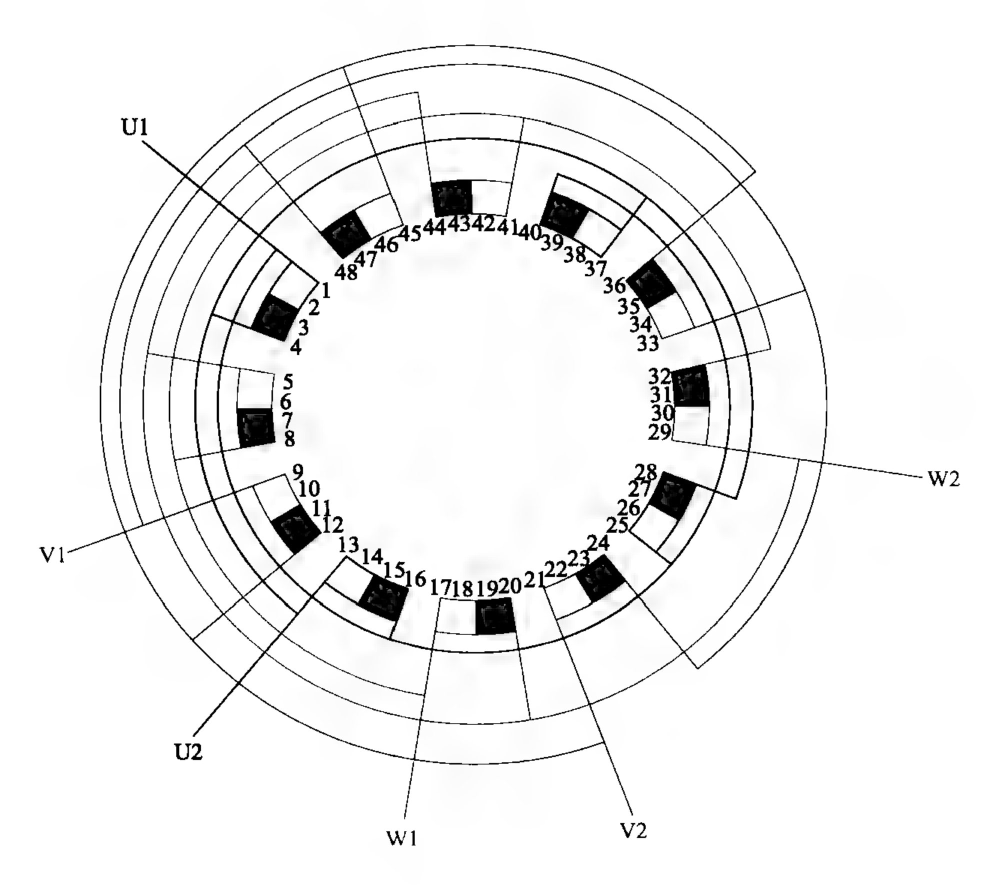


图 12-43（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=48$，$a=4$，$y=1—12$）

12.44　三相 4 极 54 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12 44）

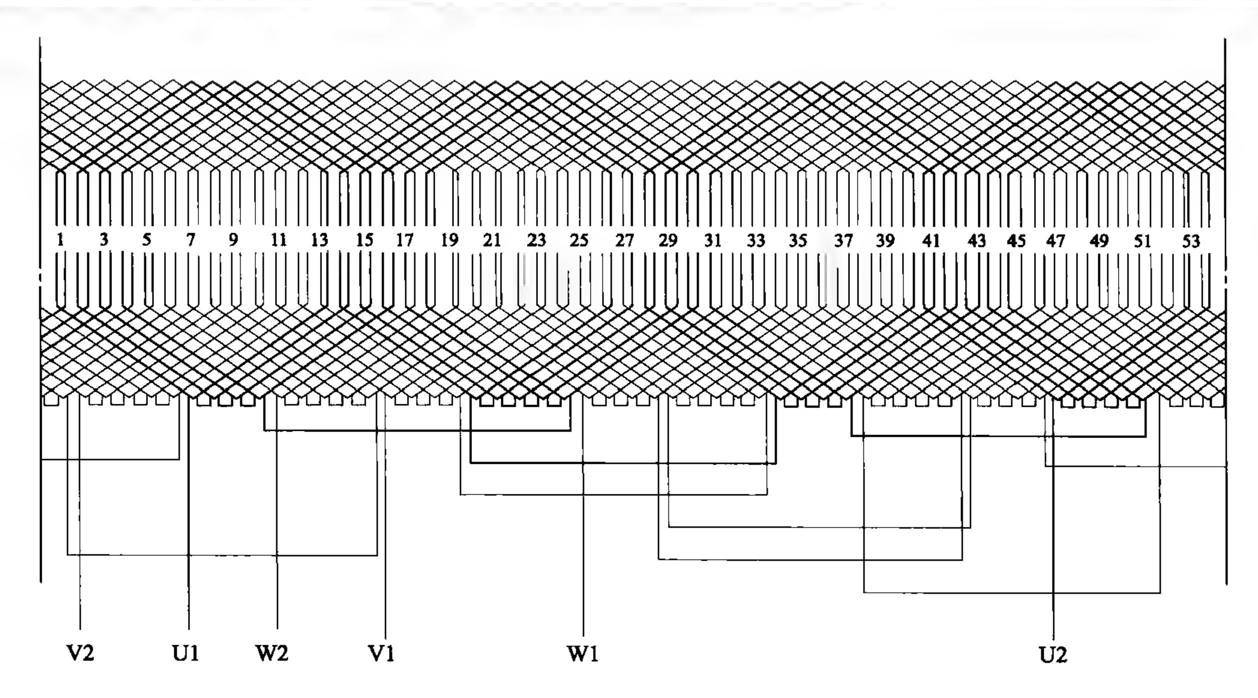


图 12-44（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=54$，$a=1$，$y=1$　13）

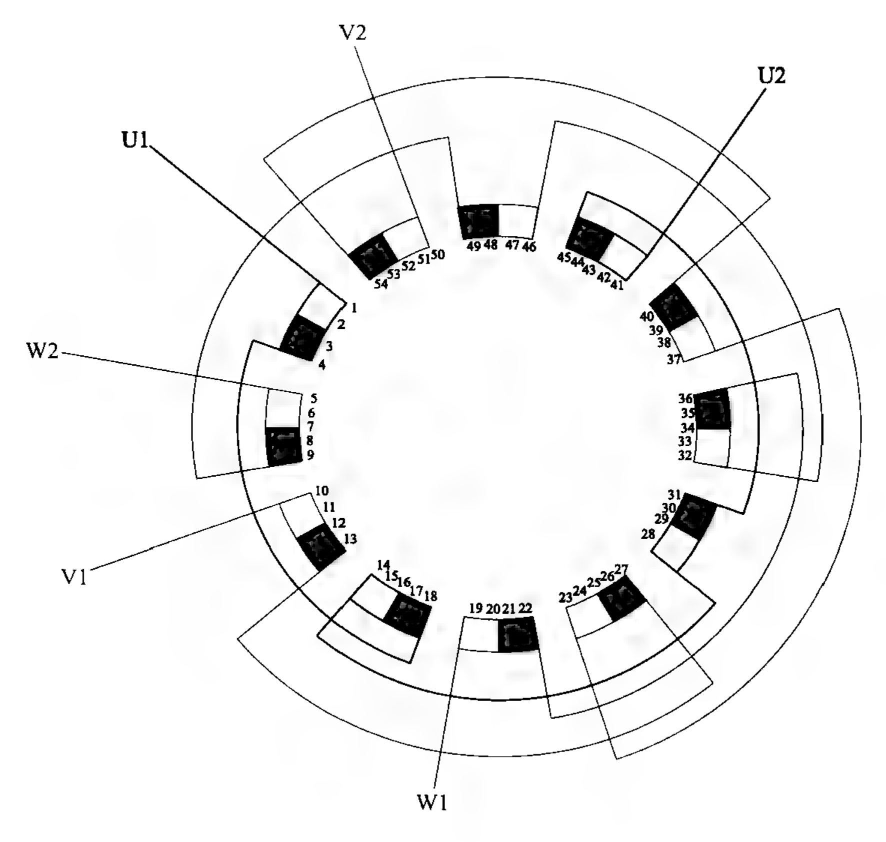


图 12-44（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=54$，$a=1$，$y=1—13$）

12.45　三相4极54槽双层叠绕组2路接法展开图与接线圆图（图12.45）

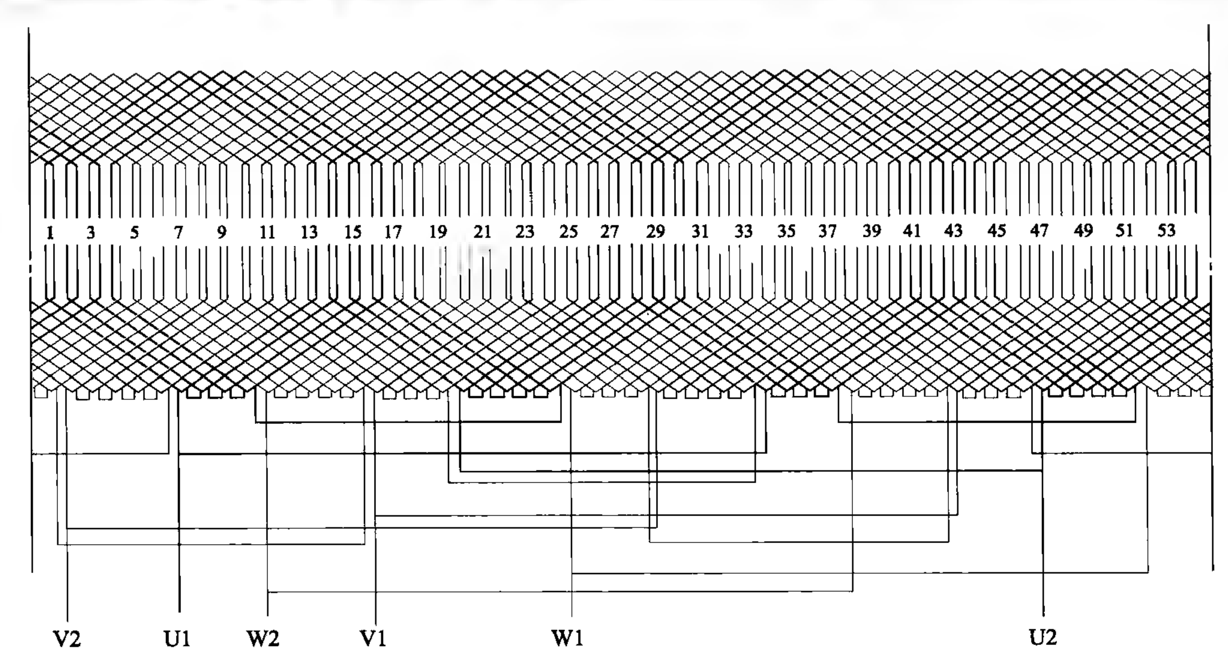


图 12-45（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=54$，$a=2$，$y=1$—13）

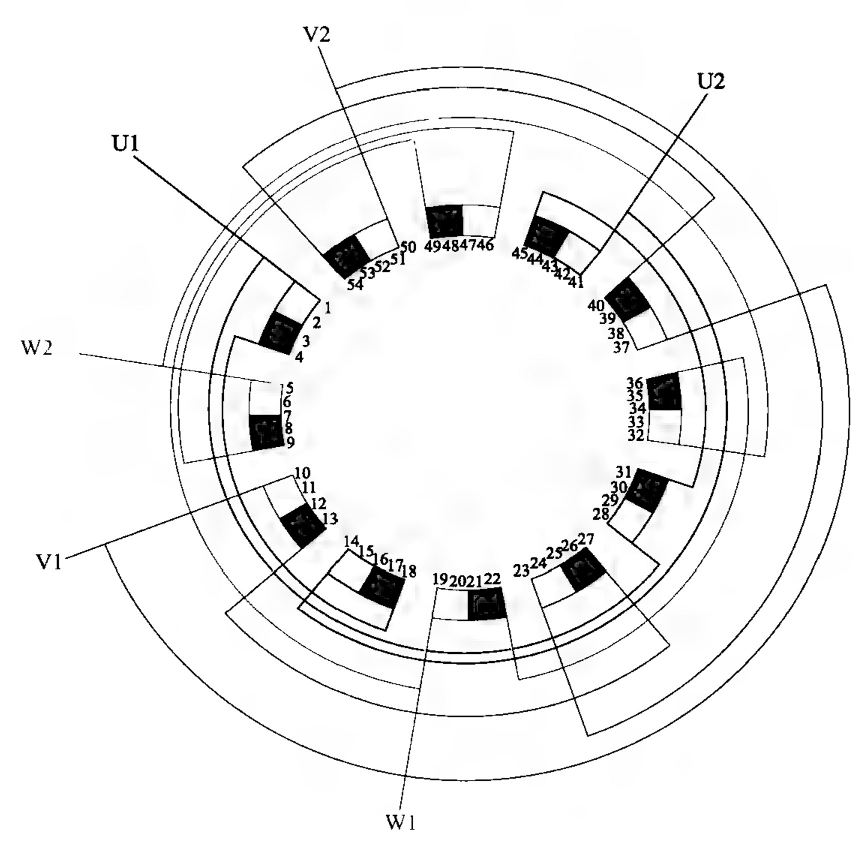


图 12-45（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=54$，$a=2$，$y=1$—13）

12.46　三相 4 极 60 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-46）



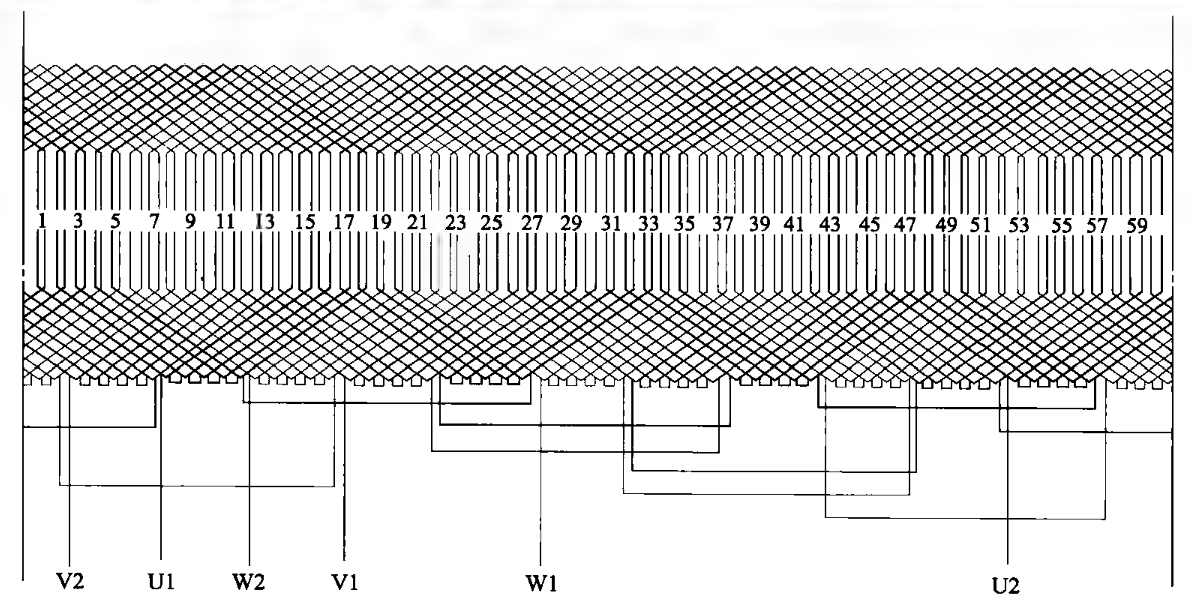


图 12-46（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=60$，$a=1$，$y=1—14$）

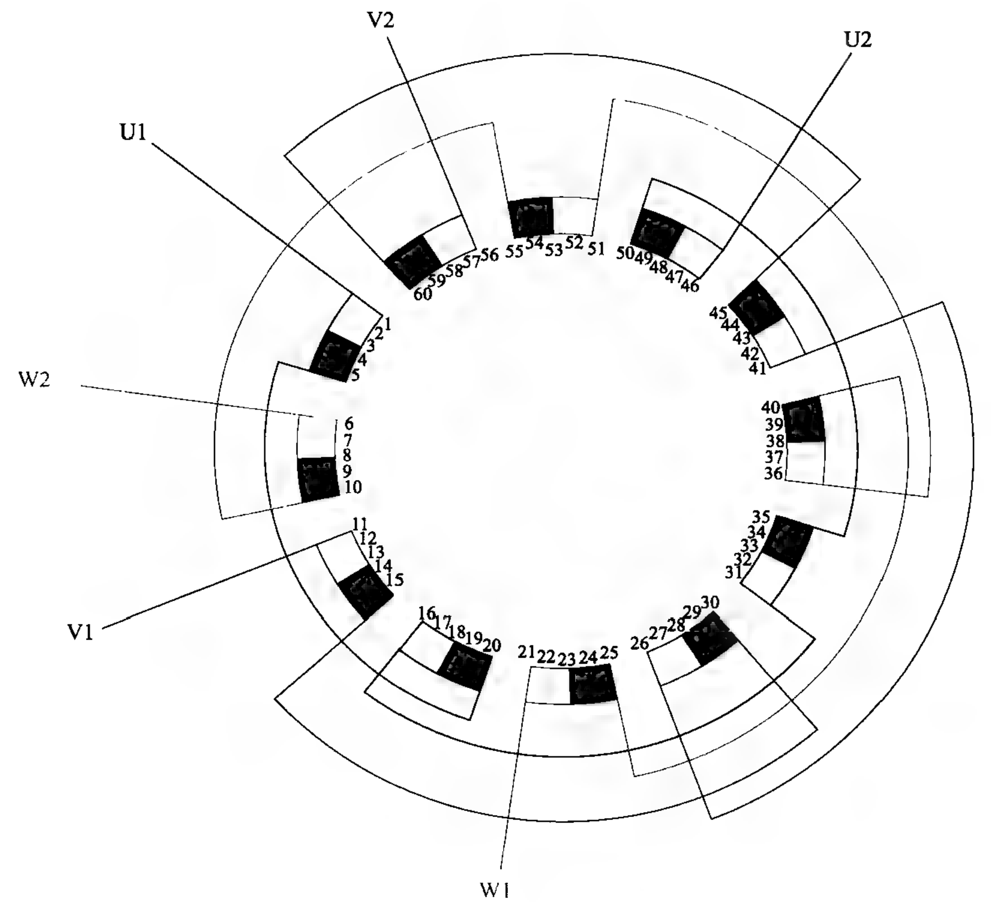


图 12-46（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=60$，$a=1$，$y=1$　14）

12.47　三相 4 极 60 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-47）

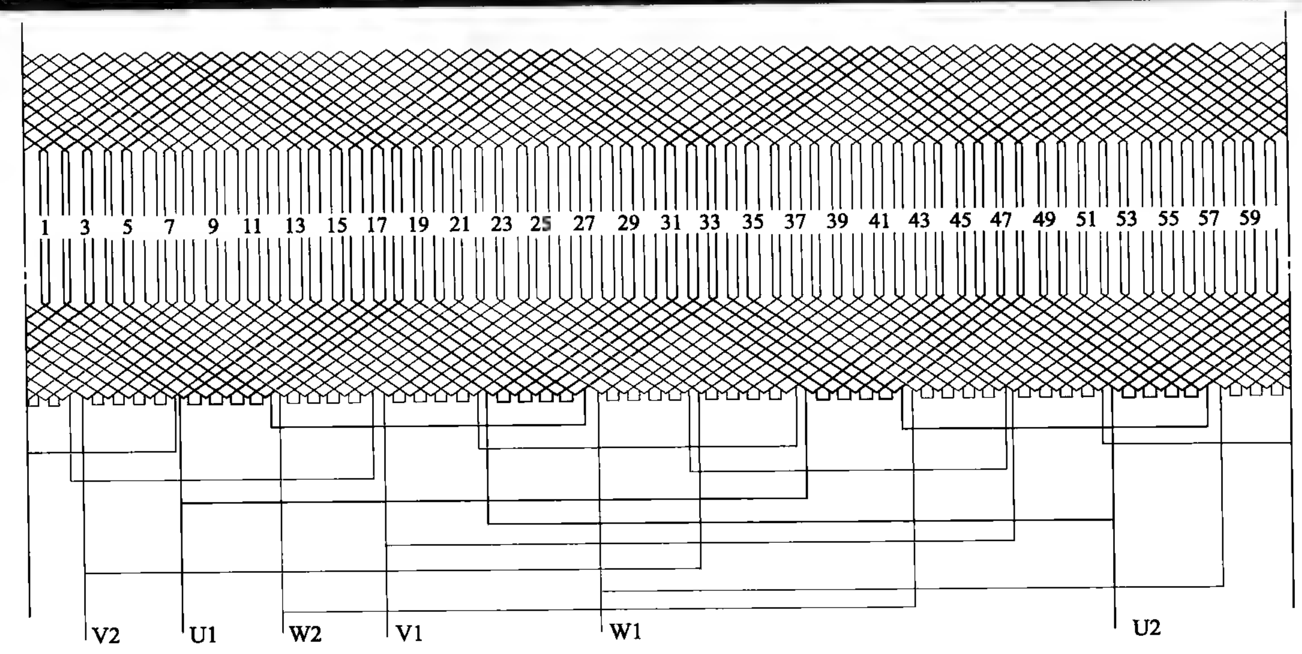


图 12-47（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=60$，$a=2$，$y=1-14$）

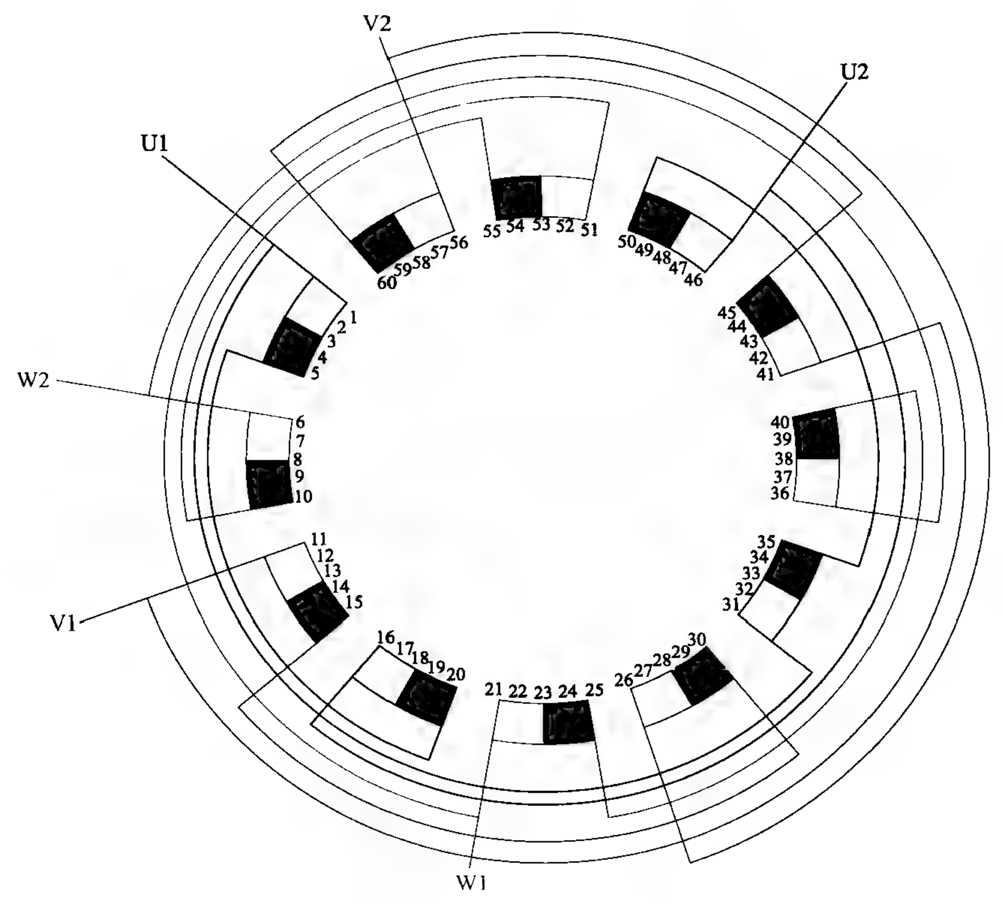


图 12-47（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=60$，$a=2$，$y=1$　14）

12.48　三相 4 极 60 槽双层叠绕组 4 路接法展开图与接线圆图（图 12-48）



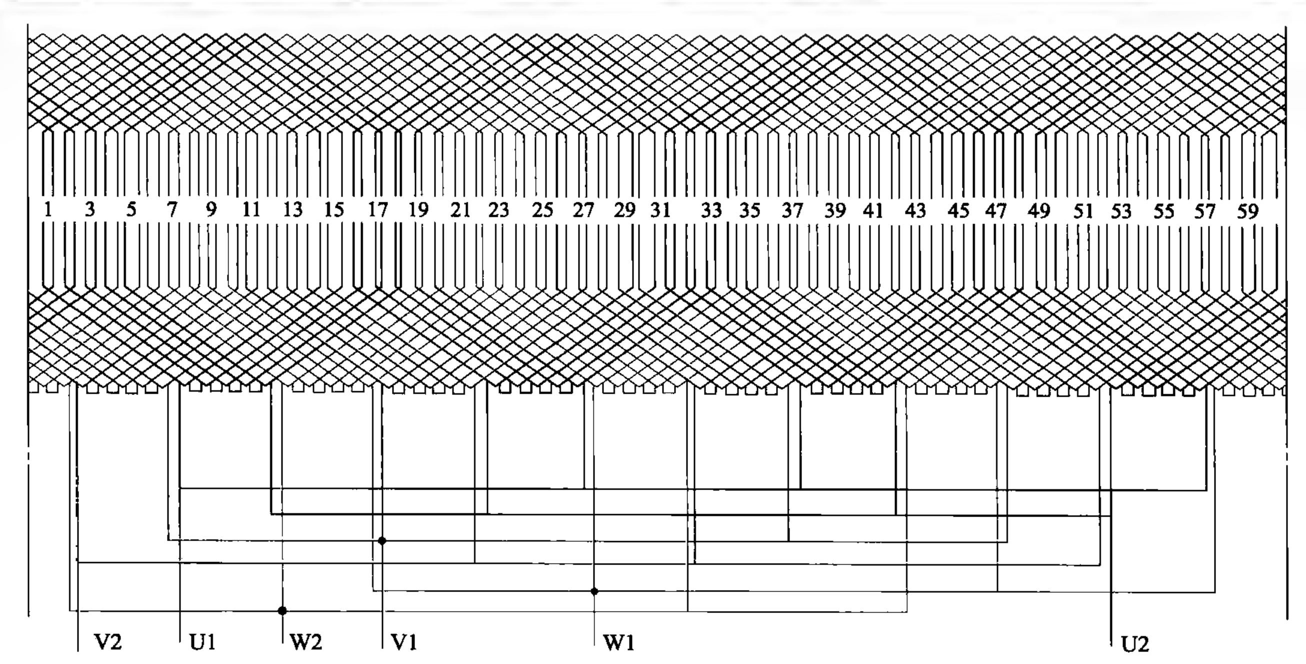


图 12-48（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=60$，$a=4$，$y=1$　14）

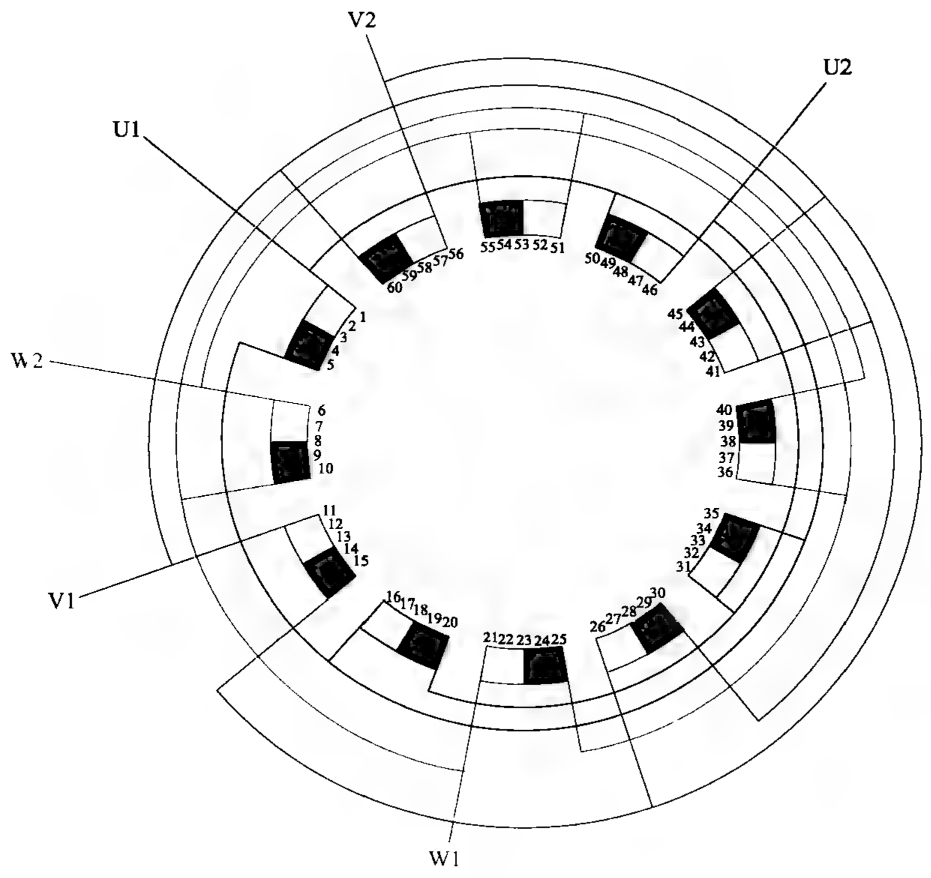


图 12-48（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=60$，$a=4$，$y=1$　14）

12.49　三相 4 极 72 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-49）



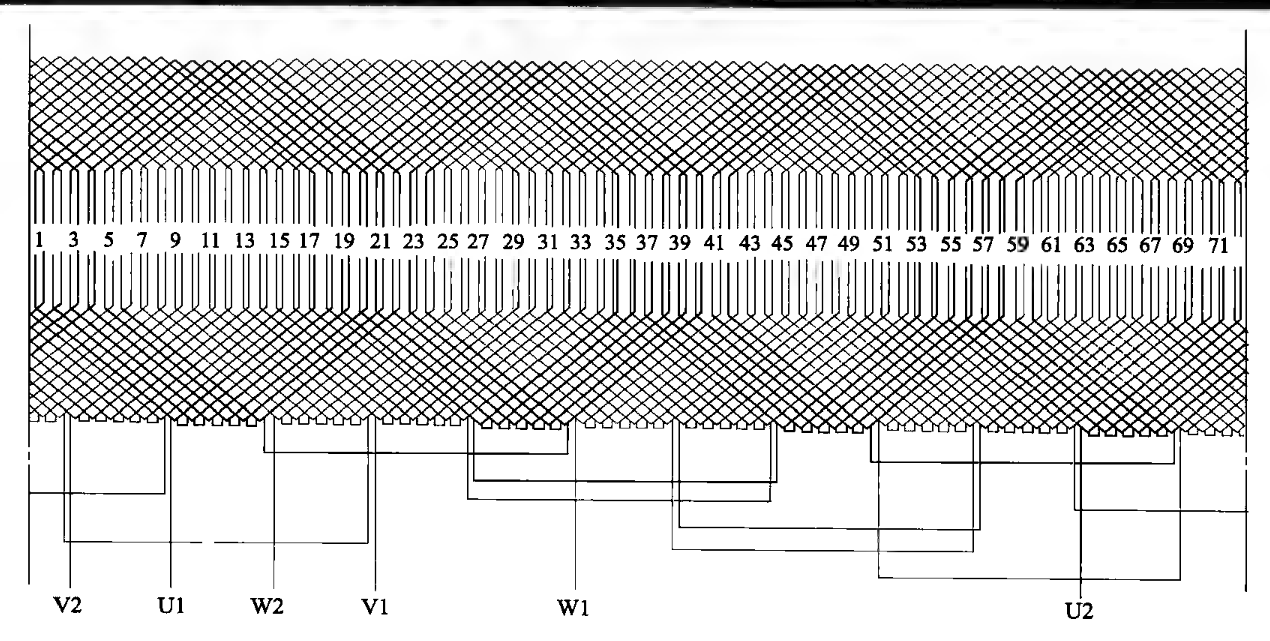


图 12-49（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=72$，$a=1$，$y=1—17$）

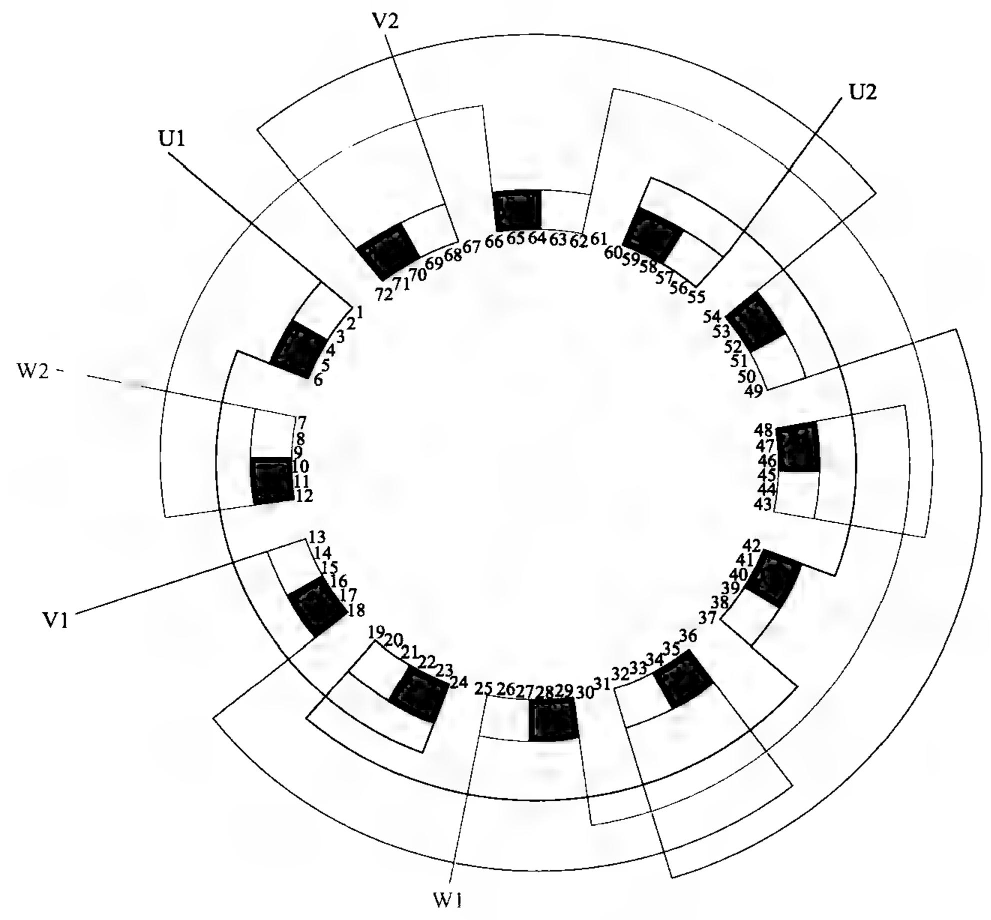


图 12-49（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=72$，$a=1$，$y=1—17$）

12.50　三相 4 极 72 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-50）



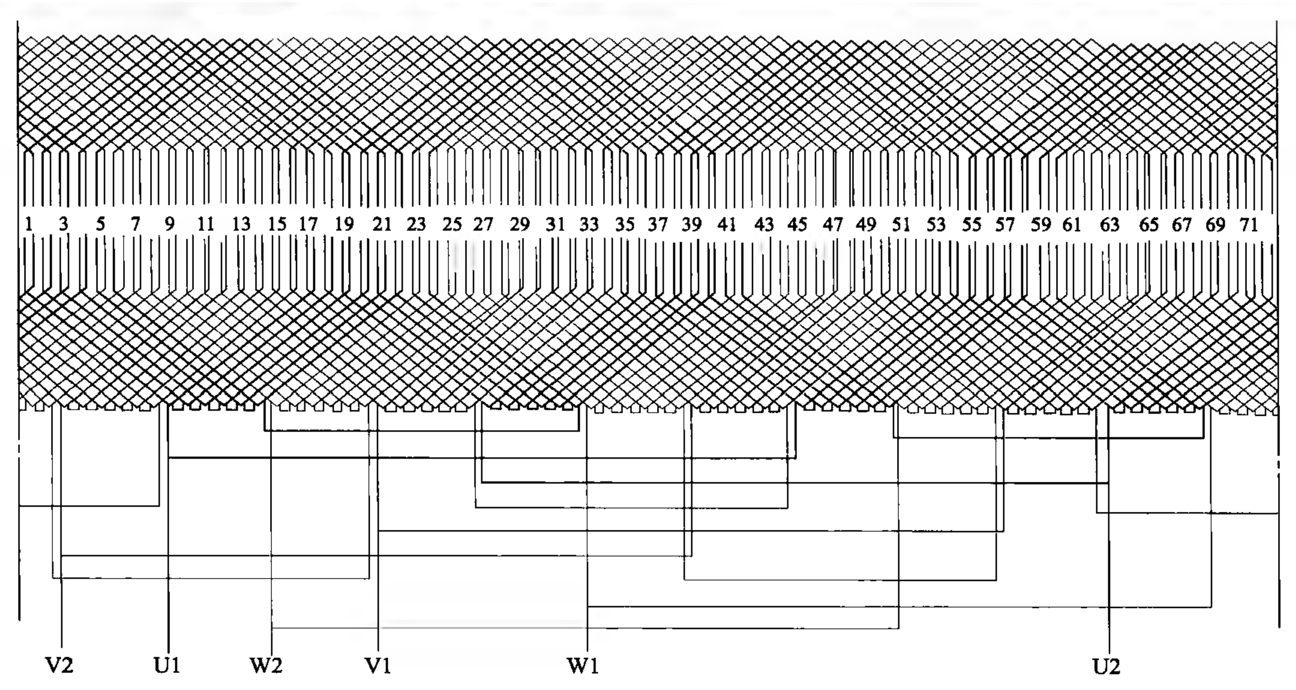


图 12-50（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=4$，$Z_1=72$，$a=2$，$y=1—17$）

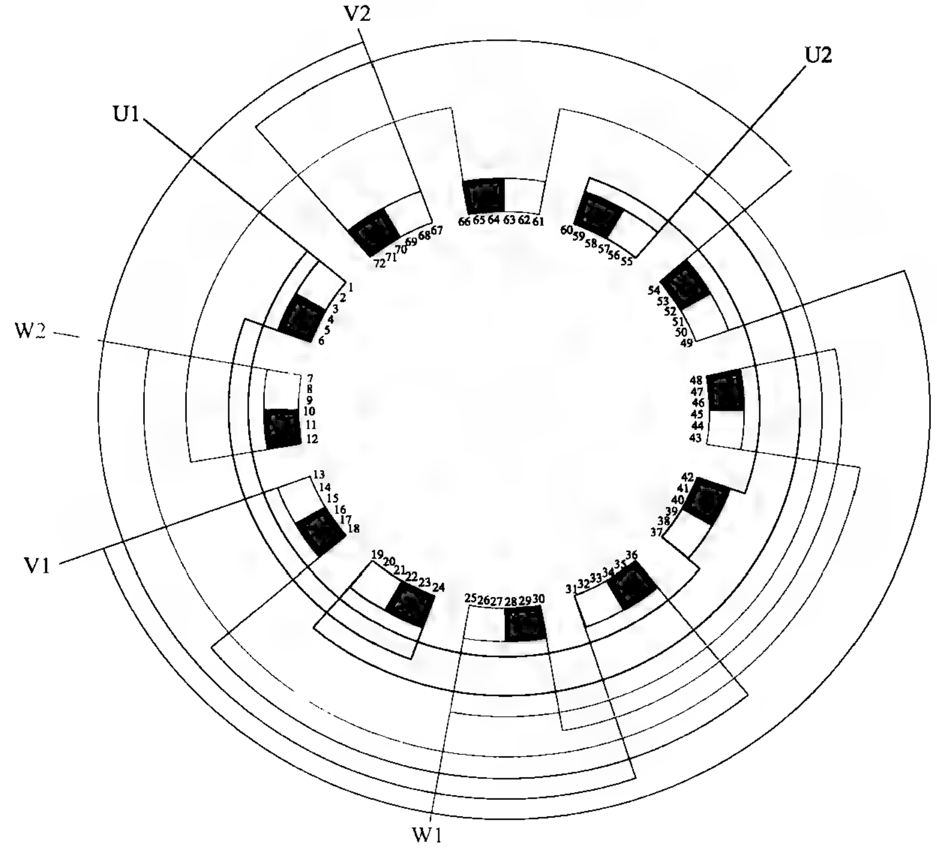


图 12-50（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=4$，$Z_1=72$，$a=2$，$y=1—17$）

12.51　三相4极72槽双层叠绕组4路接法展开图与接线圆图（图12-51）



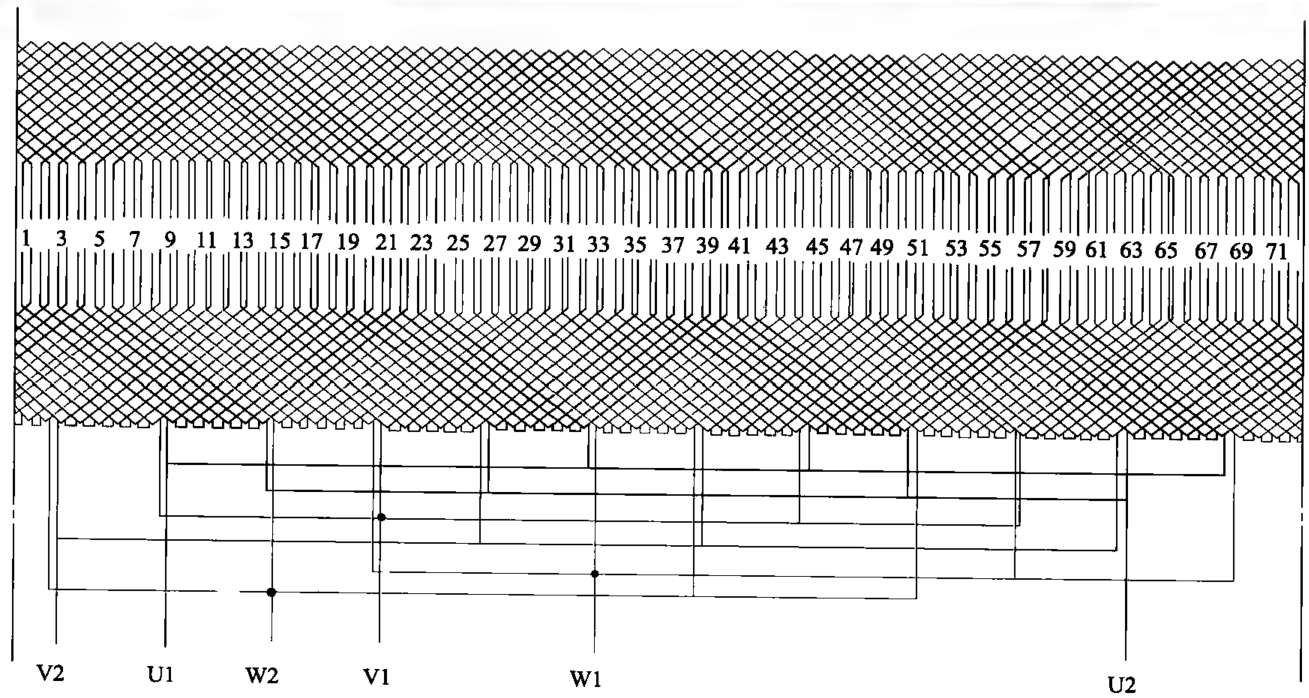


图12-51（a）　三相双层叠绕组展开图
（$2p=4$，$Z_1=72$，$a=4$，$y=1—17$）

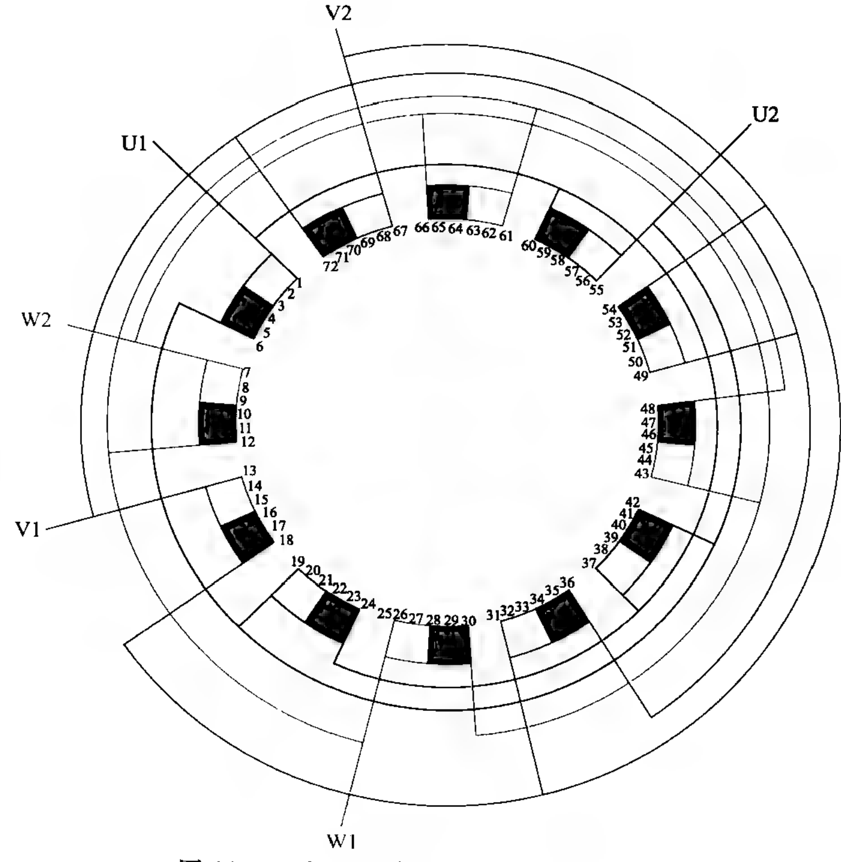


图12-51（b）　三相双层叠绕组接线圆图
（$2p=4$，$Z_1=72$，$a=4$，$y=1—17$）

12.52　三相 6 极 36 槽单层链式绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12.52）

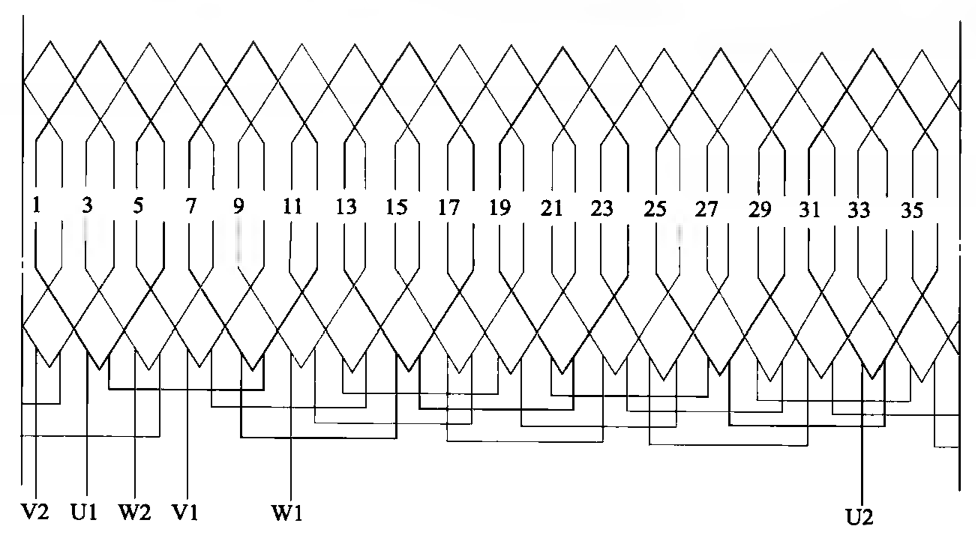


图 12-52（a）三相单层链式绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=1$，$y=1$　6）

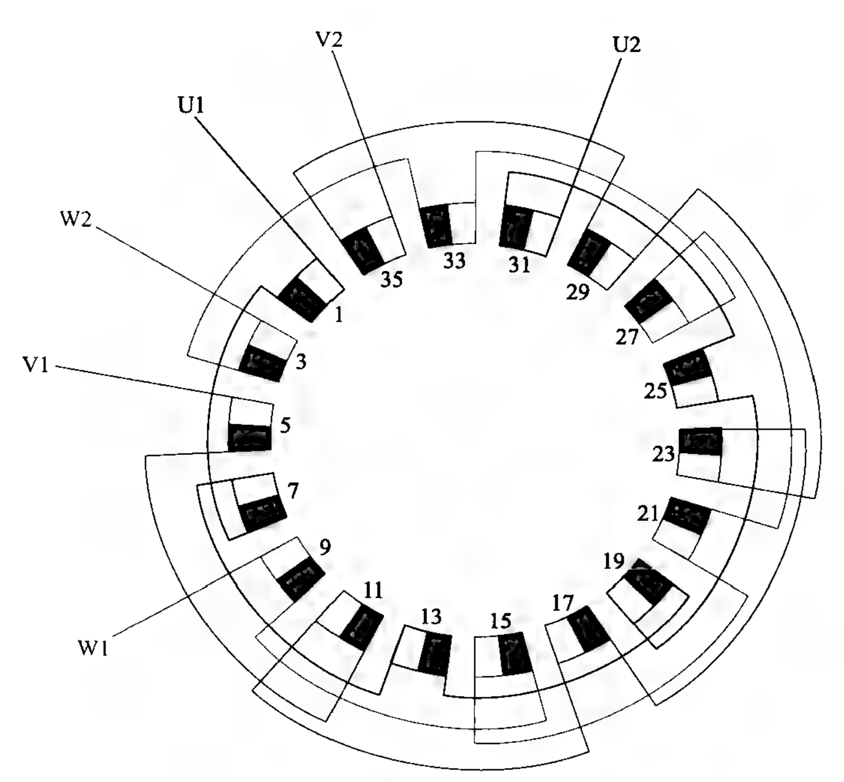


图 12-52（b）三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=1$，$y=1—6$）

12.53 三相6极36槽单层链式绕组2路接法展开图与接线圆图（图12-53）

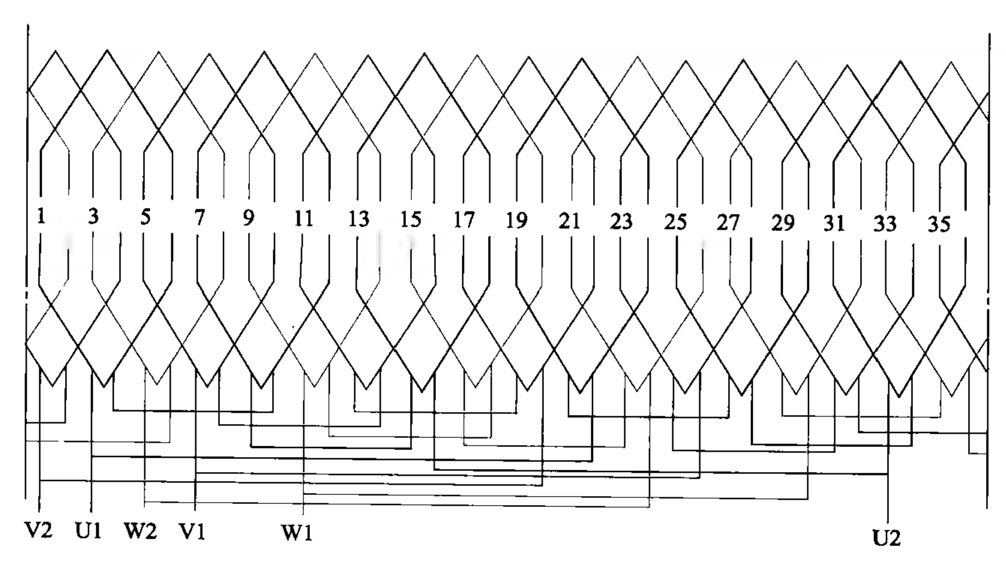


图 12 53（a） 三相单层链式绕组展开图

（$2p-6$，$Z_1=36$，$a=2$，$y=1\ \ 6$）

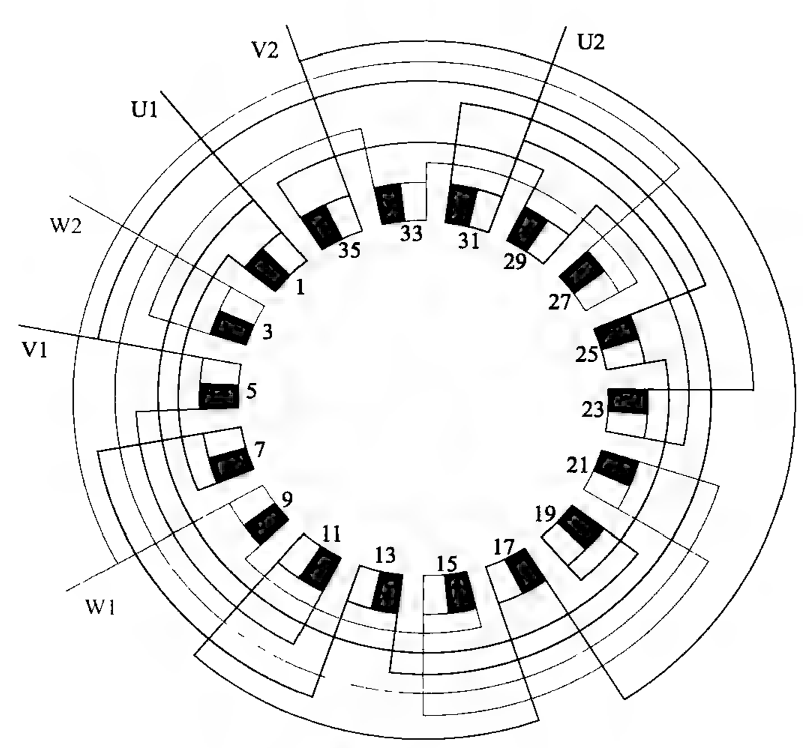


图 12-53（b） 三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=2$，$y=1-6$）

12.54　三相 6 极 36 槽单层链式绕组 3 路接法展开图与接线圆图（图 12-54）

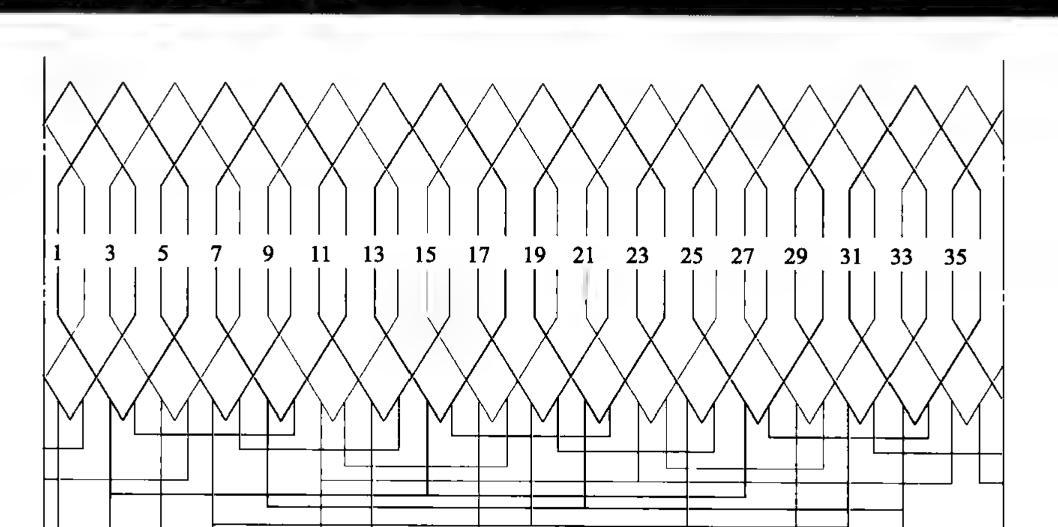


图 12-54（a）　三相单层链式绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=3$，$y=1-6$）

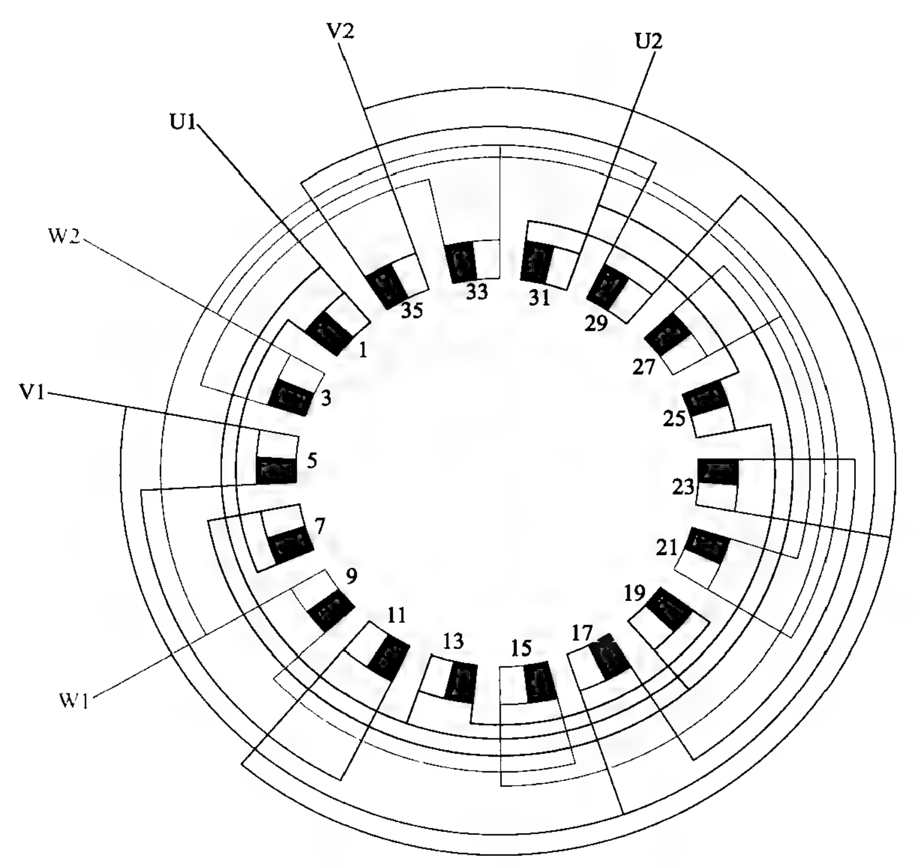


图 12-54（b）　三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=3$，$y=1-6$）

12.55　三相6极36槽单层链式绕组6路接法展开图与接线圆图（图12.55）

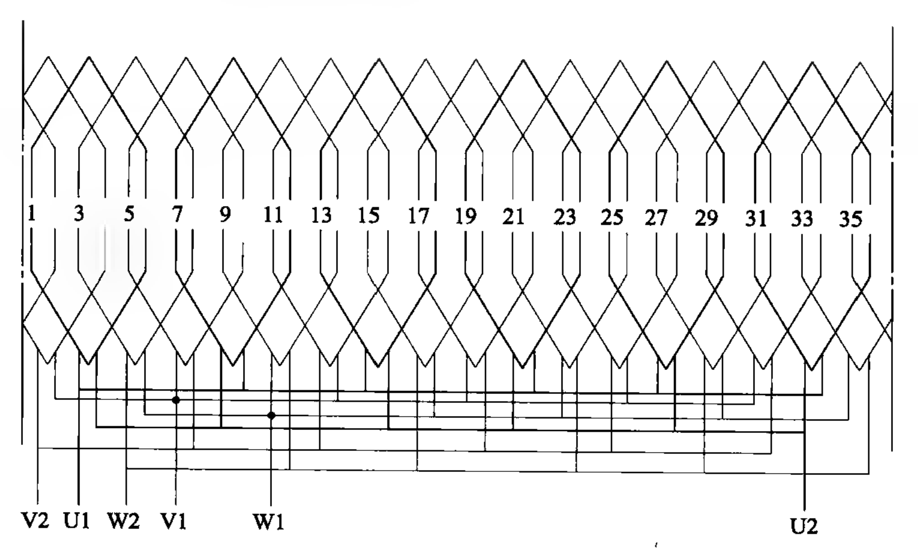


图12-55（a）　三相单层链式绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=6$，$y=1—6$）

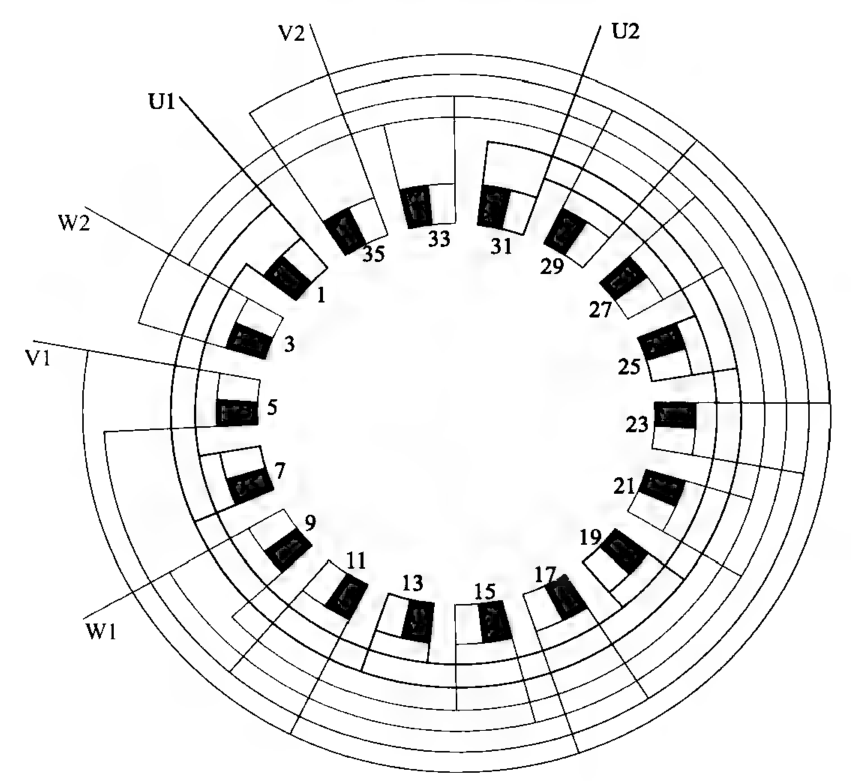


图12-55（b）　三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=6$，$y=1—6$）

12.56　三相 6 极 36 槽单层同心式绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-56）



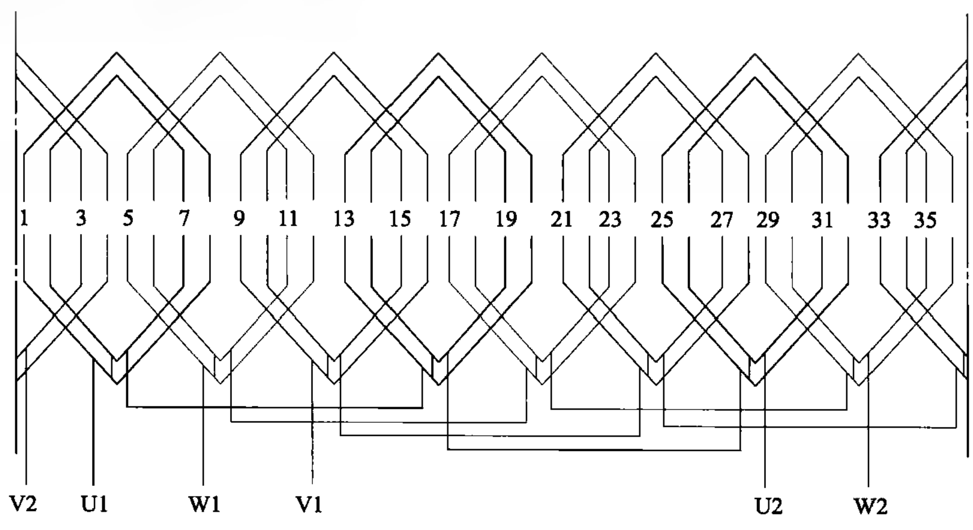


图 12-56（a）　三相单层同心式绕组展开图

$\left(2p=6,\ Z_1=36,\ a=1,\ y=\frac{1-8}{2-7}\right)$

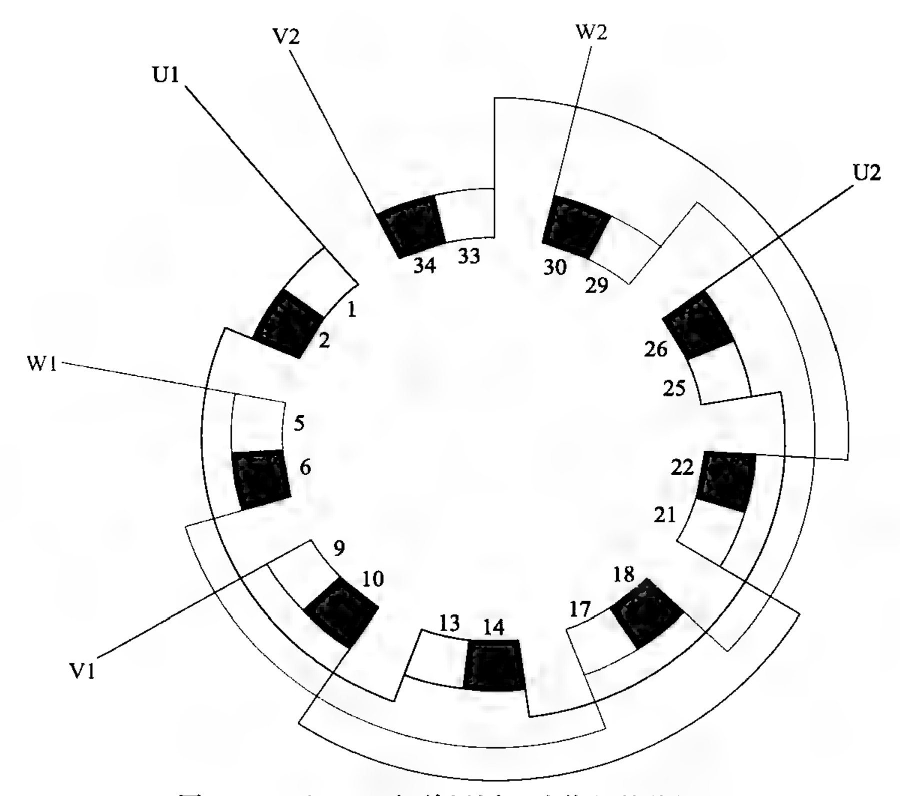


图 12 56（b）　三相单层同心式绕组接线圆图

$\left(2p=6,\ Z_1=36,\ a=1,\ y=\frac{1-8}{2-7}\right)$

12.57　三相 6 极 36 槽单层同心式绕组 3 路接法展开图与接线圆图（图 12-57）



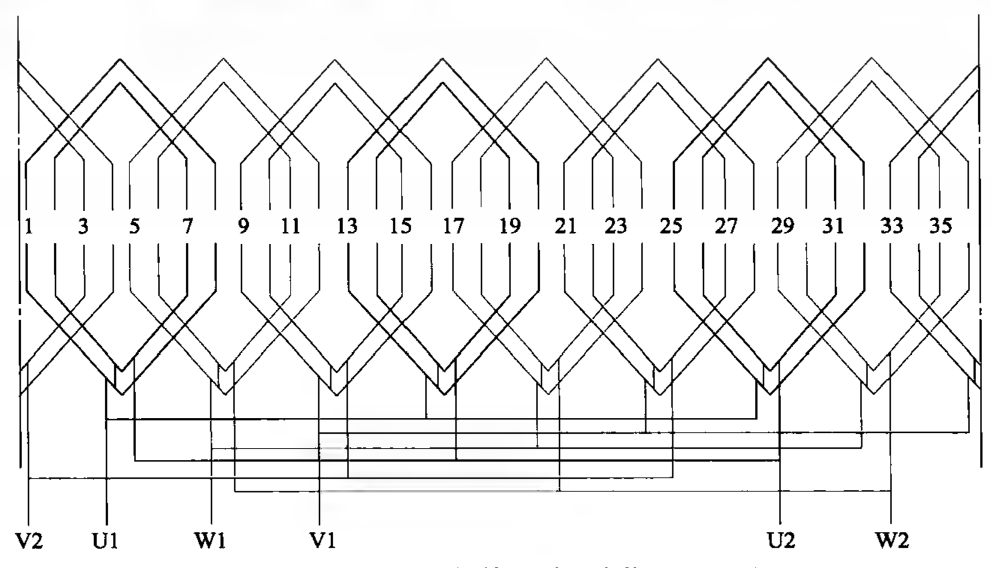


图 12-57（a）　三相单层同心式绕组展开图

$\left(2p=6，Z_1=36，a=3，y=\begin{matrix}1-8\\2-7\end{matrix}\right)$

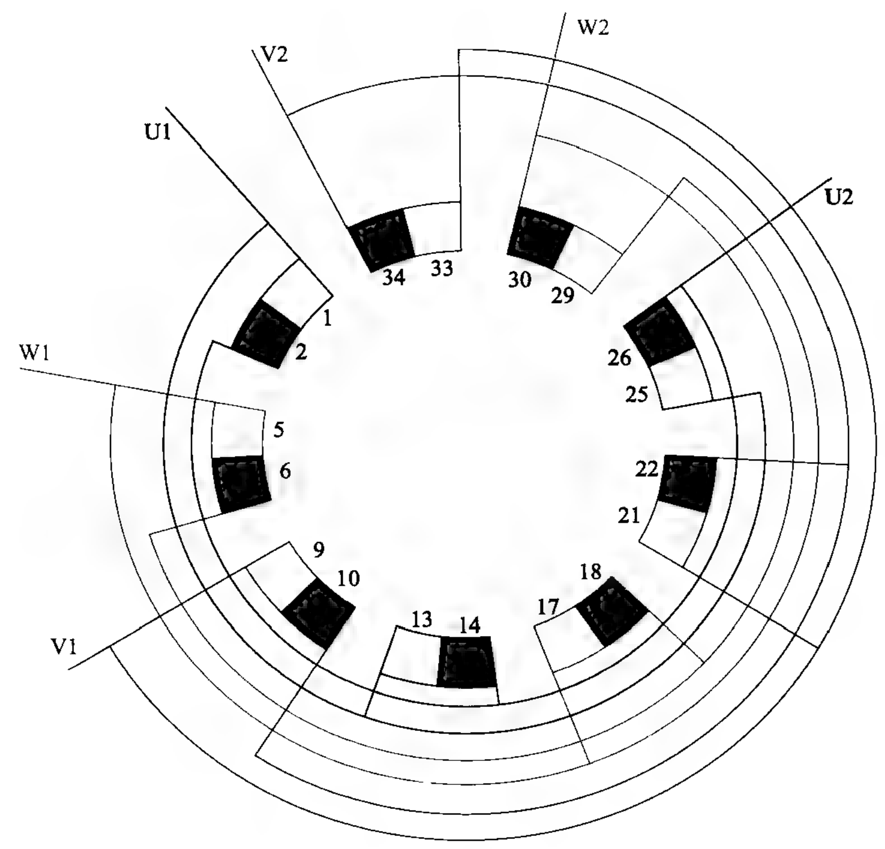


图 12-57（b）　三相单层同心式绕组接线圆图

$\left(2p=6，Z_1=36，a=3，y=\begin{matrix}1-8\\2\ \ 7\end{matrix}\right)$

12.58　三相 6 极 36 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12 58）



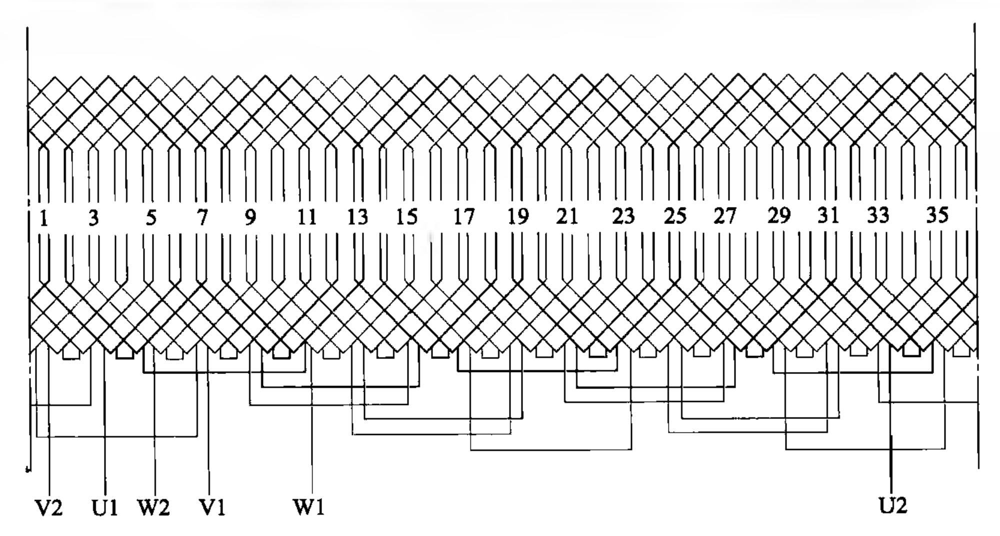


图 12-58（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=1$，$y=1—6$）

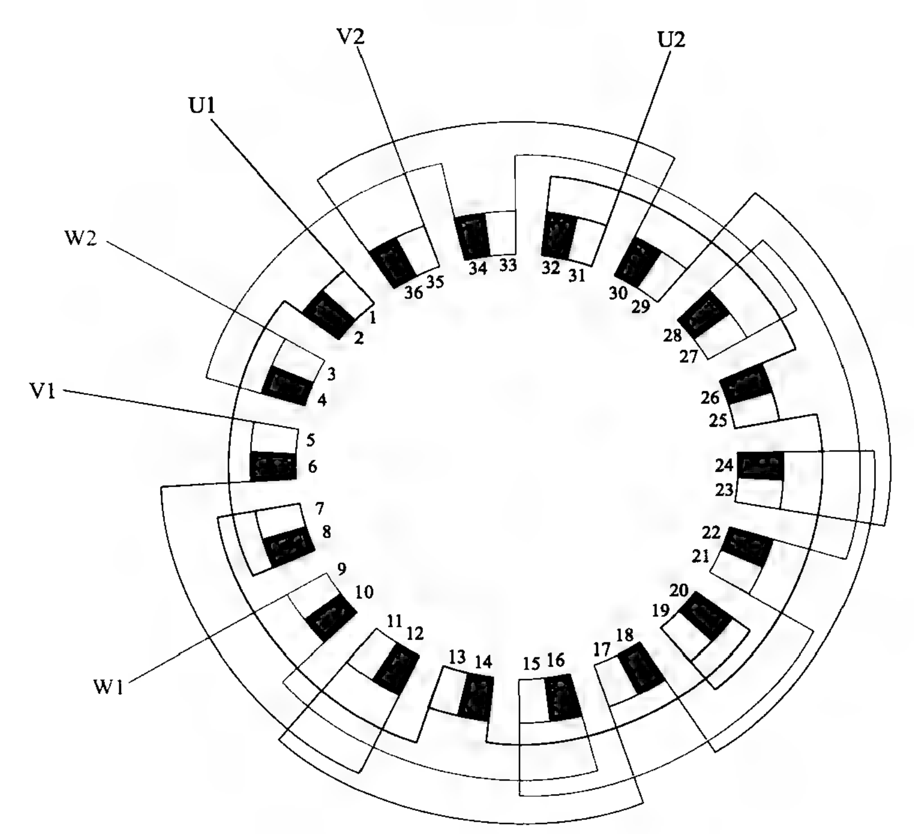


图 12-58（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=1$，$y=1$　6）

12.59　三相 6 极 36 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-59）

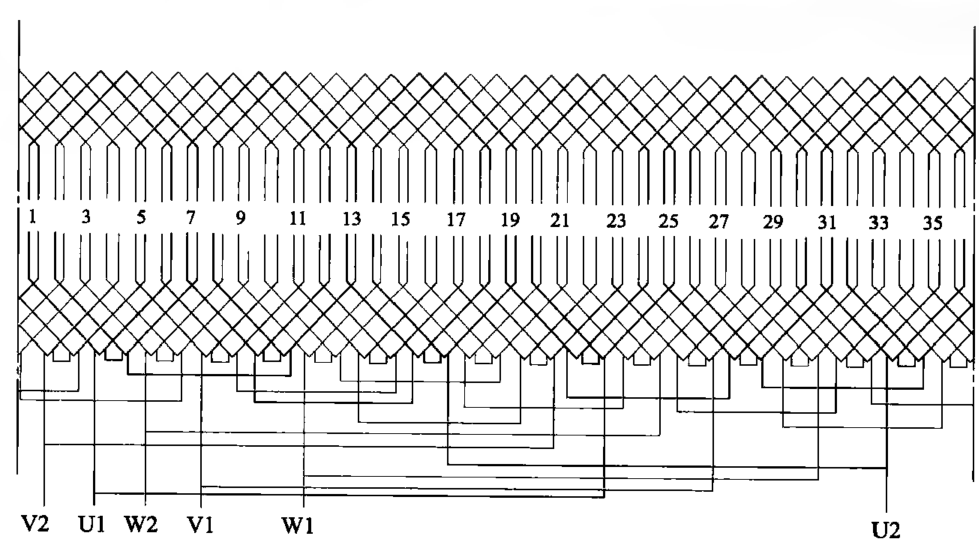


图 12-59（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=2$，$y=1$　6）

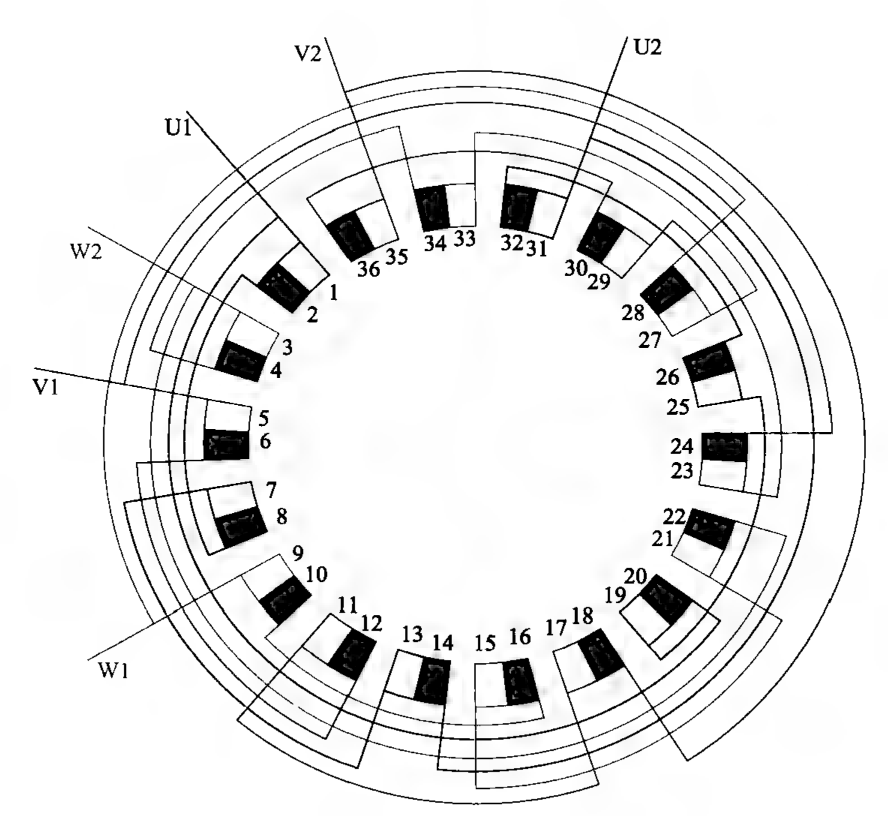


图 12-59（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=2$，$y=1$　6）

12.60　三相 6 极 36 槽双层叠绕组 3 路接法展开图与接线圆图（图 12-60）

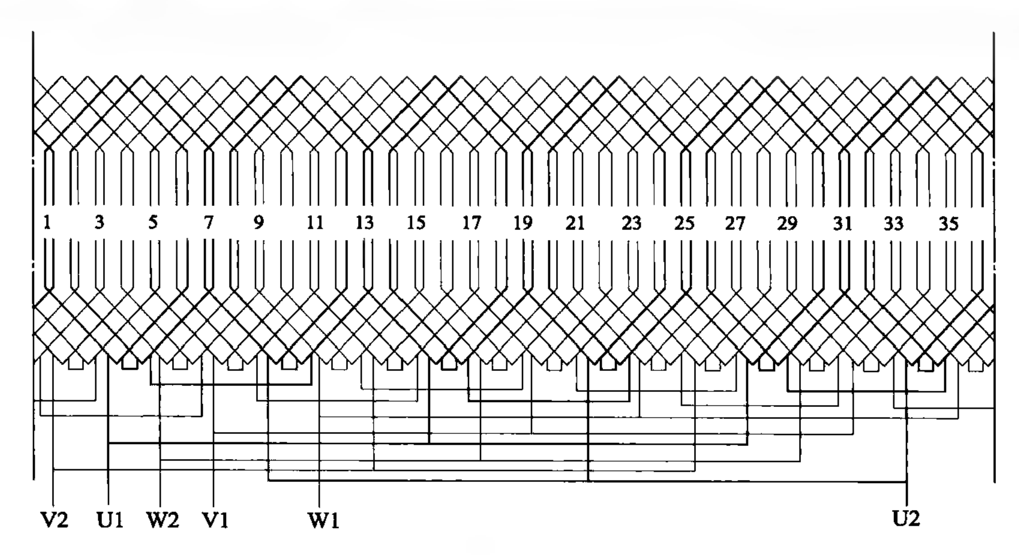


图 12-60（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=3$，$y=1-6$）

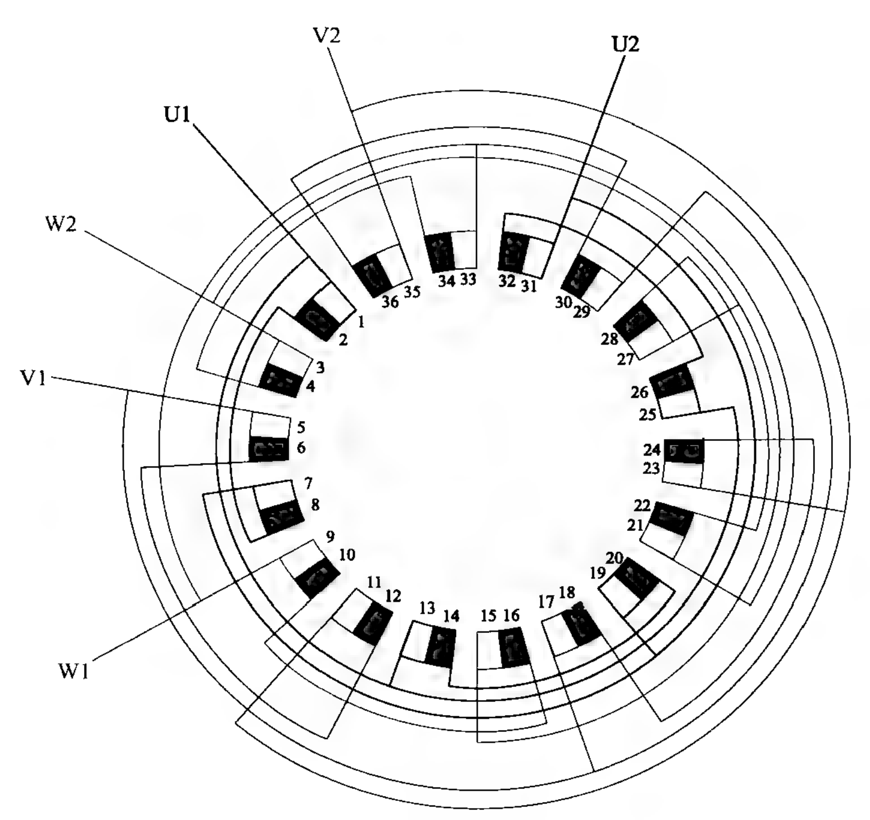


图 12-60（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=3$，$y=1-6$）

12.61　三相 6 极 36 槽双层叠绕组 6 路接法展开图与接线圆图（图 12 61）

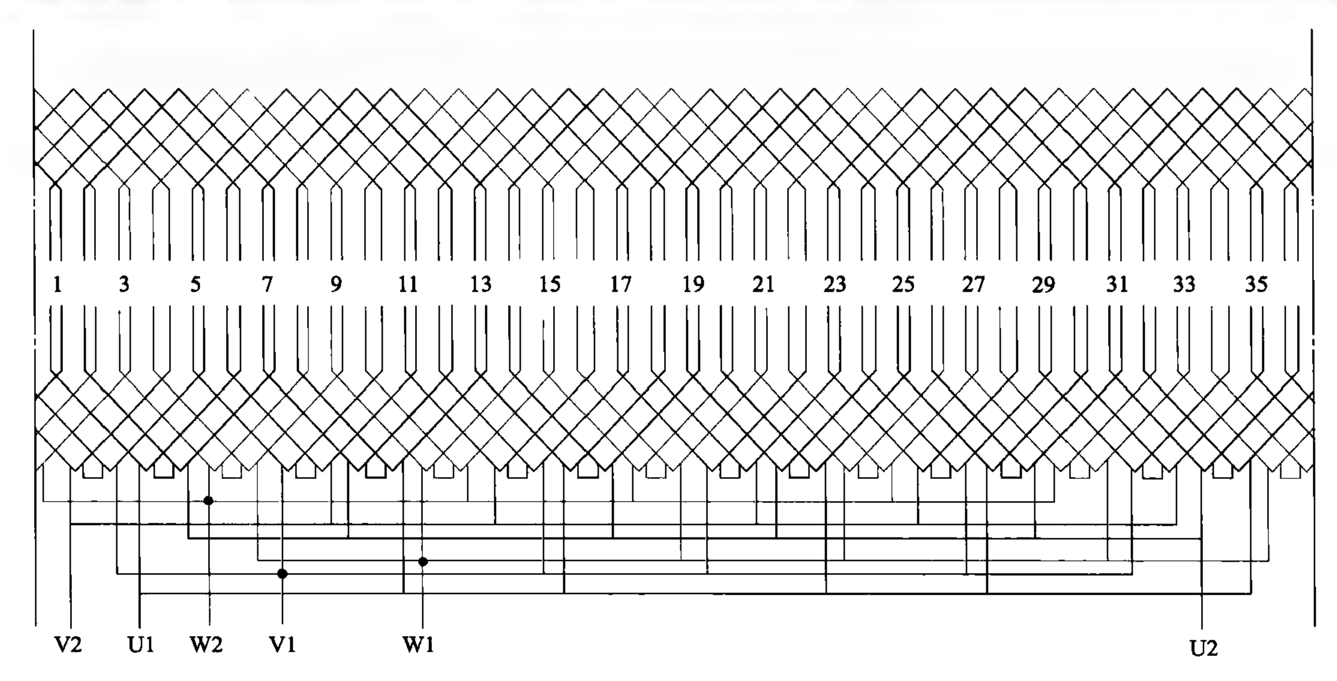


图 12-61（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=6$，$y=1—6$）

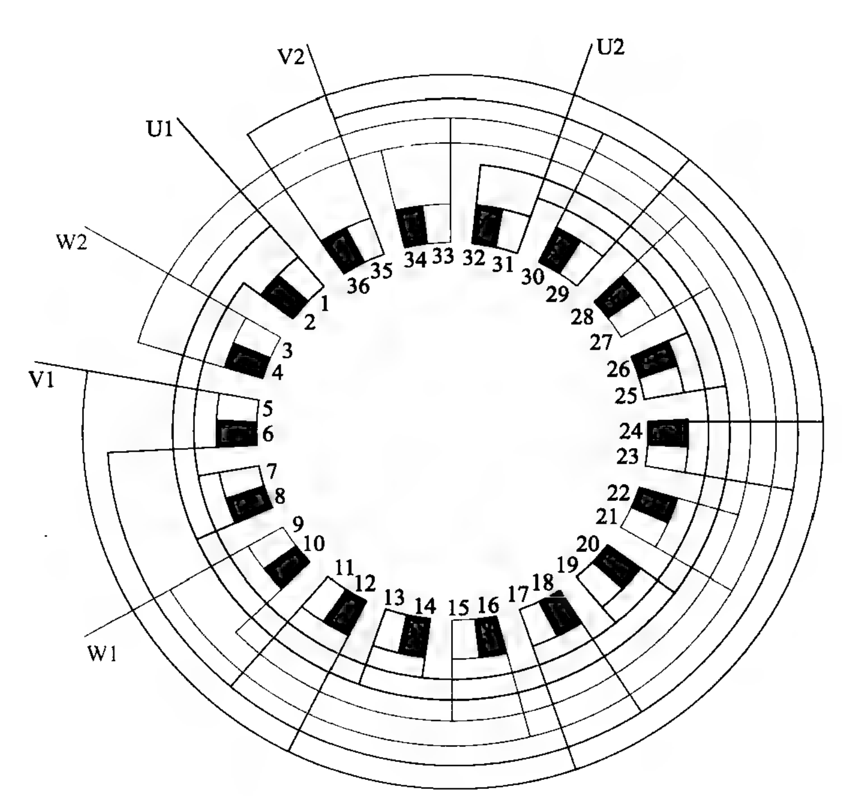
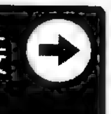


图 12-61（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=36$，$a=6$，$y=1—6$）

12.62　三相 6 极 48 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-62）



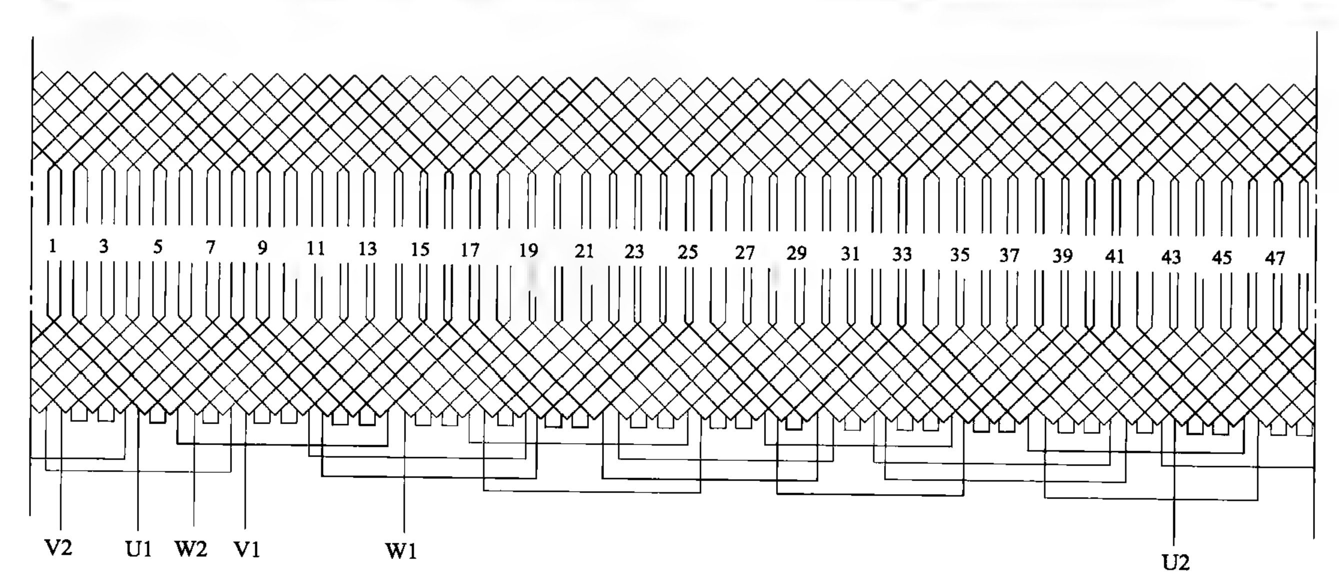


图 12-62（a）　三相双层叠绕组展开图
（$2p=6$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1-8$）

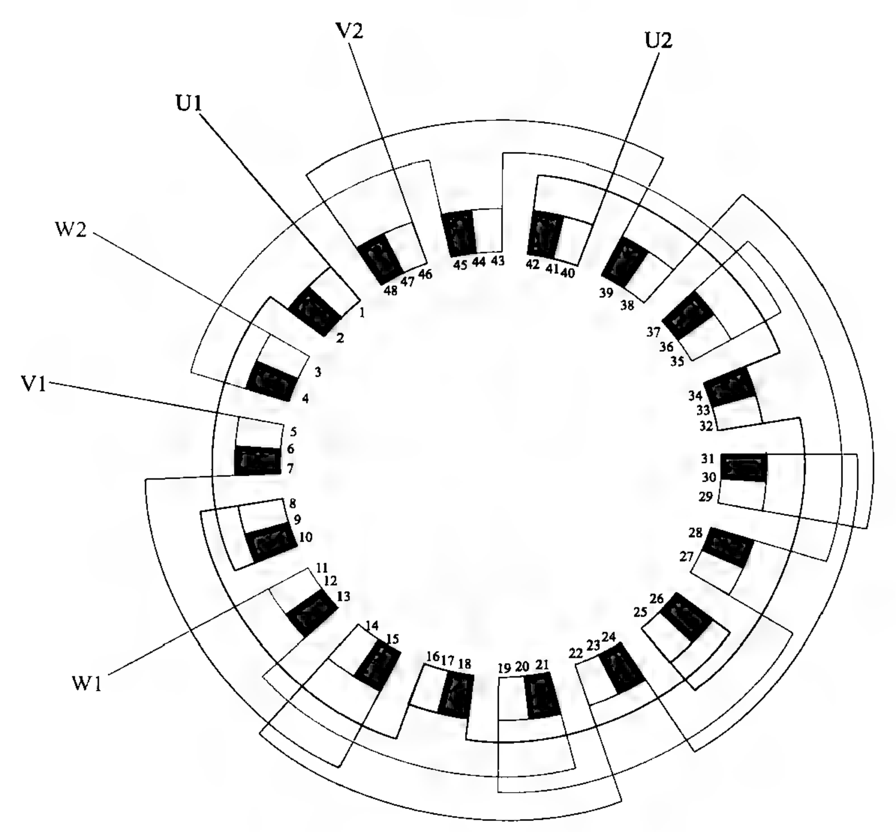


图 12-62（b）　三相双层叠绕组接线圆图
（$2p=6$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1-8$）

12.63　三相 6 极 48 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-63）

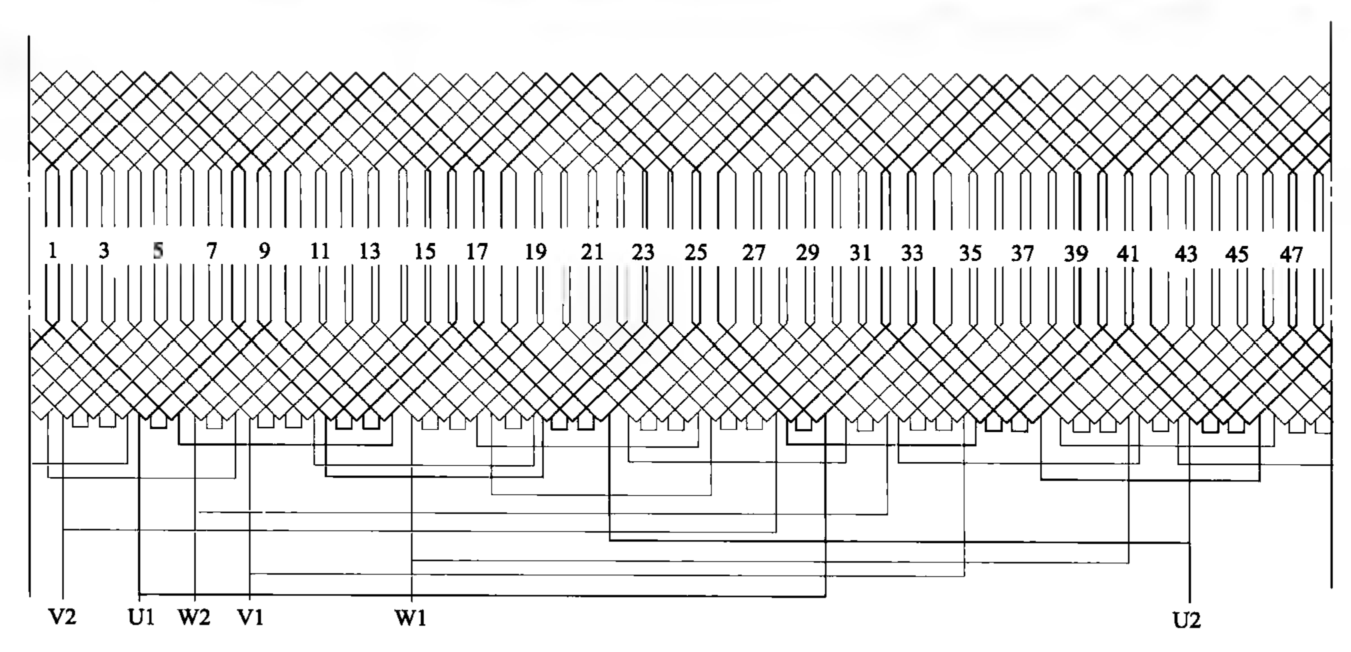


图 12-63（a）　三相双层叠绕组展开图

($2p=6$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1—8$)

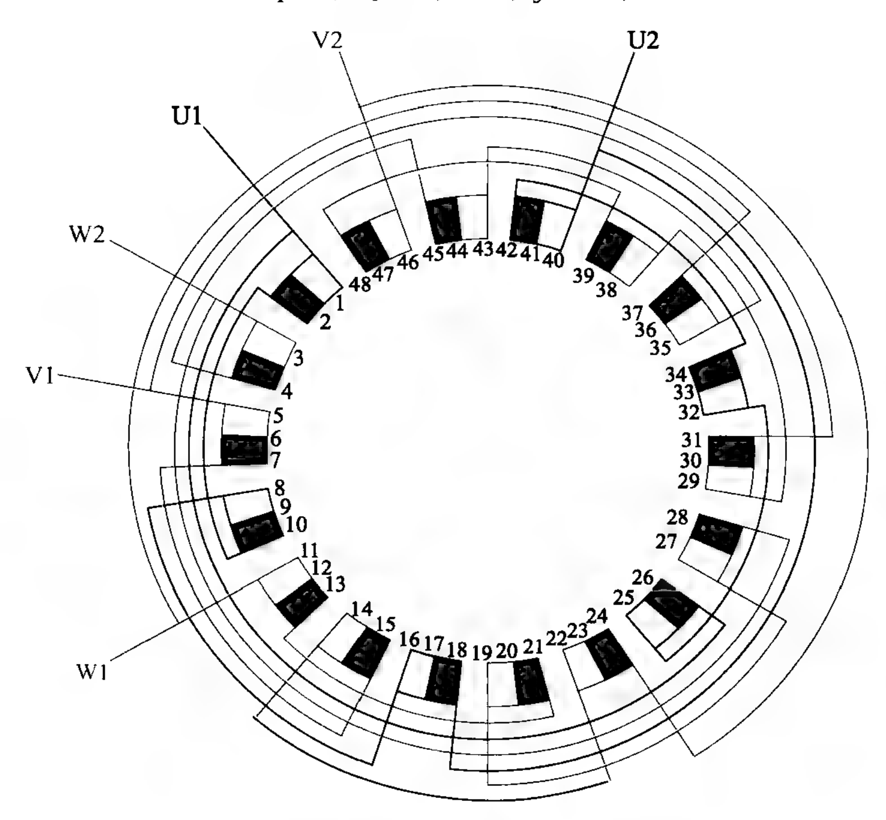


图 12-63（b）　三相双层叠绕组接线圆图

($2p=6$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1-8$)

12.64　三相 6 极 54 槽单层交叉式绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12 64）



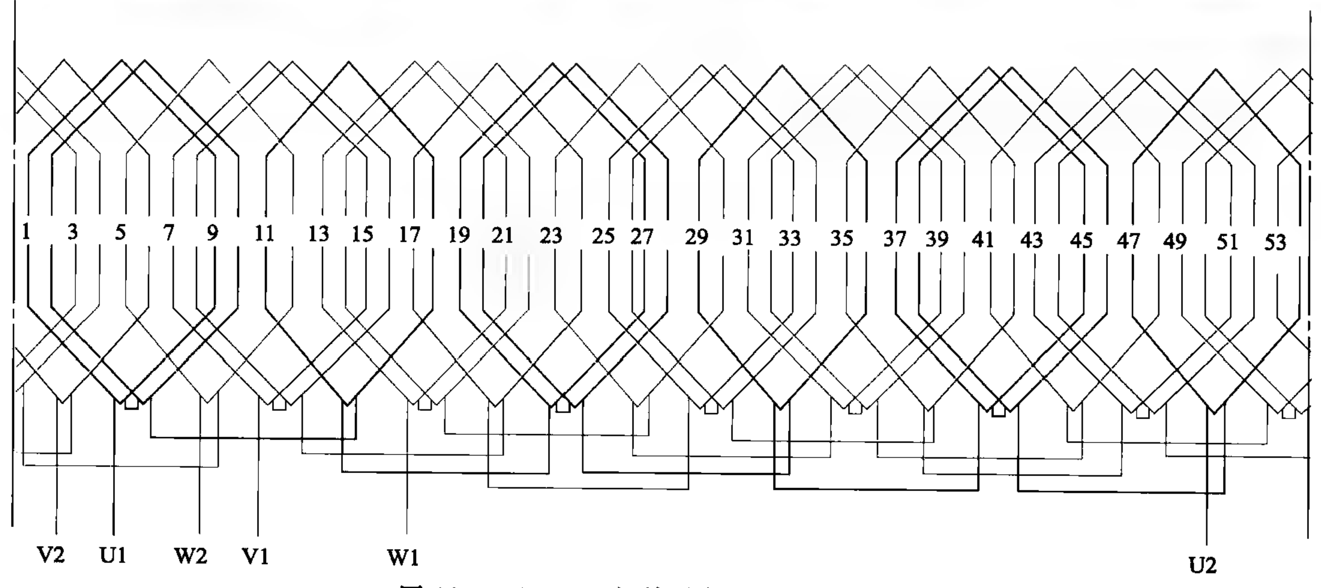


图 12-64（a）　三相单层交叉式绕组展开图

$\left(2p=6,\ Z_1=54,\ a=1,\ y=\frac{2/1-9}{1/1-8}\right)$

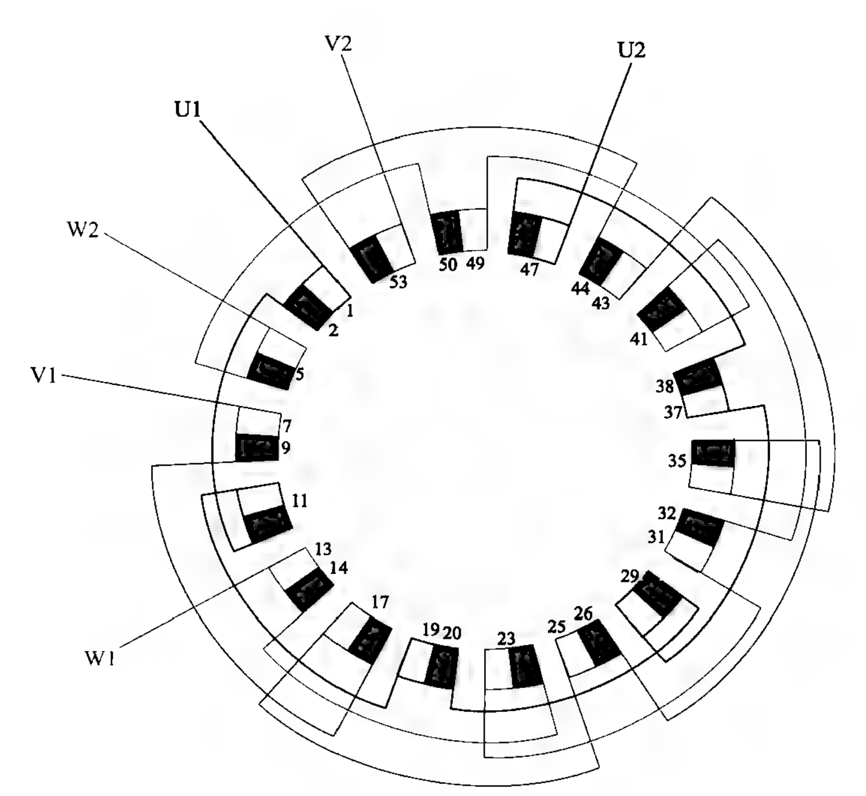


图 12-64（b）　三相单层交叉式绕组接线圆图

$\left(2p=6,\ Z_1=54,\ a=1,\ y=\frac{2/1\quad 9}{1/1-8}\right)$

12.65　三相 6 极 54 槽单层交叉式绕组 3 路接法展开图与接线圆图（图 12-65）

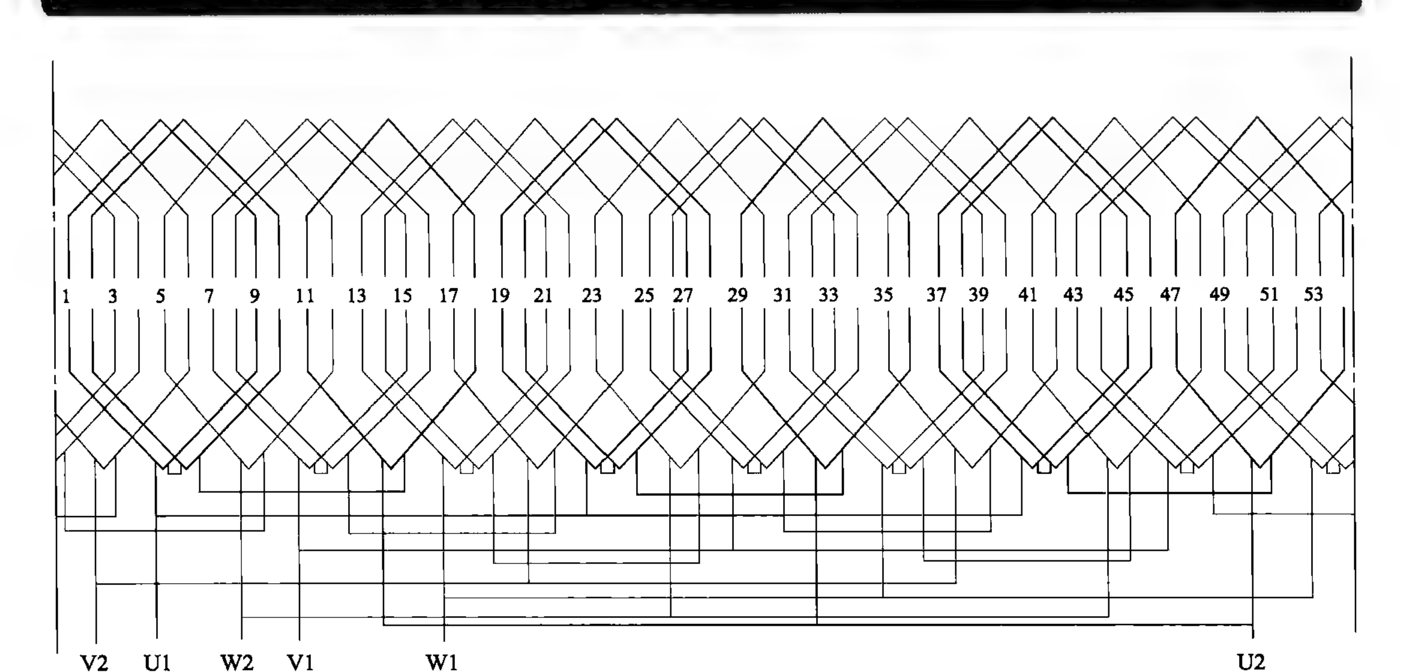


图 12-65（a）　三相单层交叉式绕组展开图

$\left(2p=6,\ Z_1=54,\ a=3,\ y=\frac{2/1-9}{1/1-8}\right)$

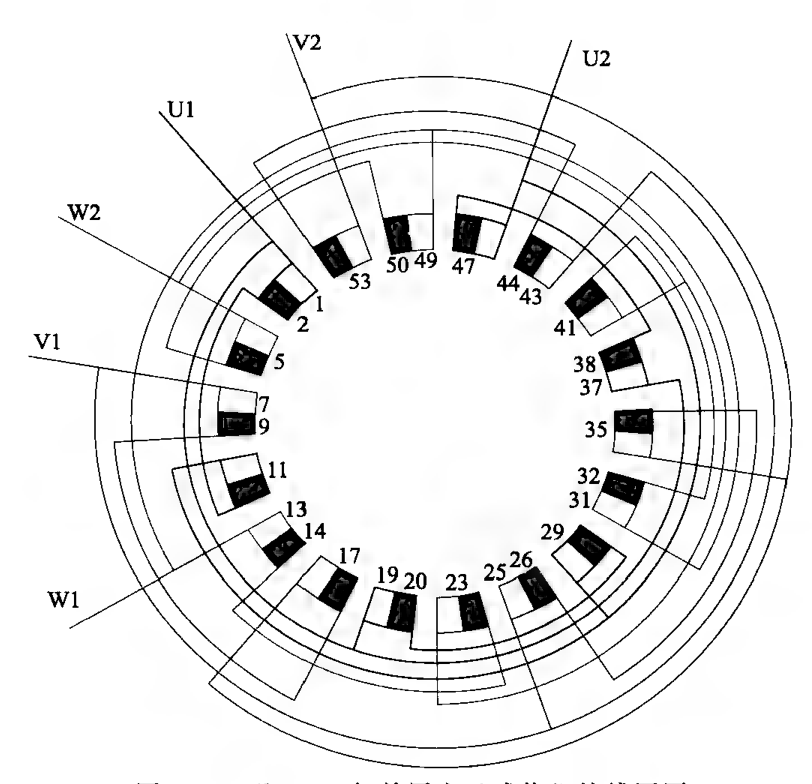


图 12-65（b）　三相单层交叉式绕组接线圆图

$\left(2p=6,\ Z_1=54,\ a=3,\ y=\frac{2/1-9}{1/1-8}\right)$

12.66　三相 6 极 54 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-66）

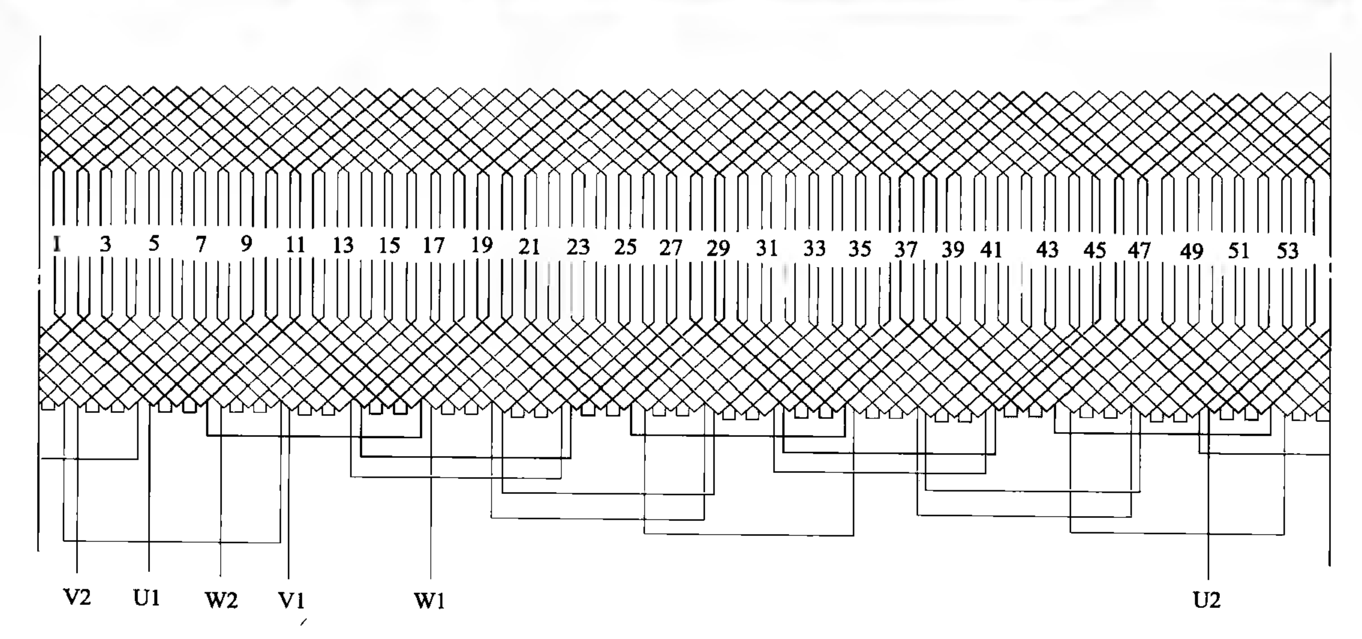


图 12-66（a）　三相双层叠绕组展开图

($2p=6$，$Z_1=54$，$a=1$，$y=1-9$)

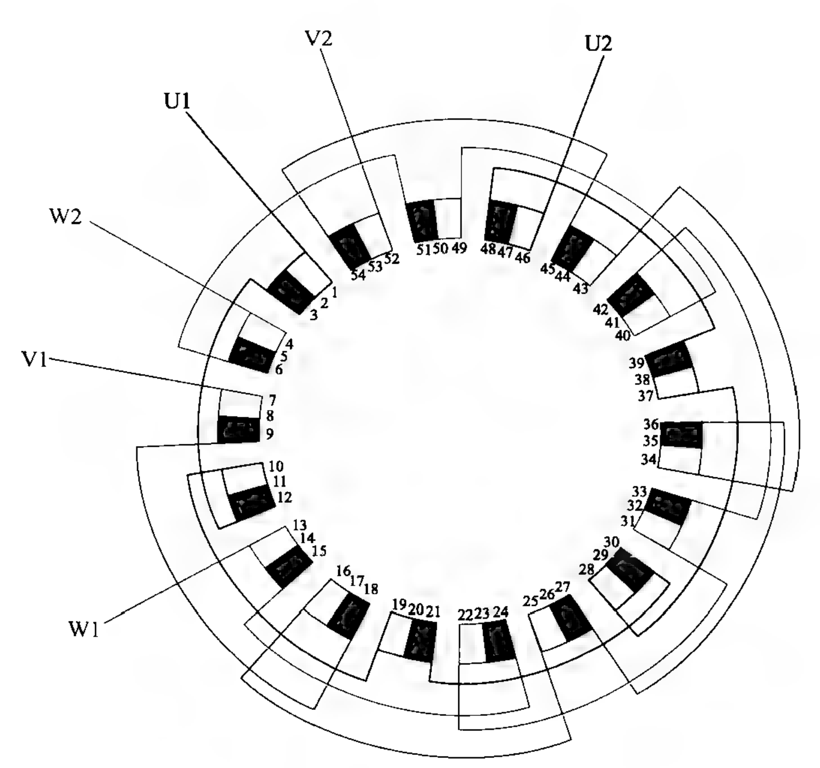


图 12-66（b）　三相双层叠绕组接线圆图

($2p=6$，$Z_1=54$，$a=1$，$y=1-9$)

12.67　三相6极54槽双层叠绕组2路接法展开图与接线圆图（图12-67）

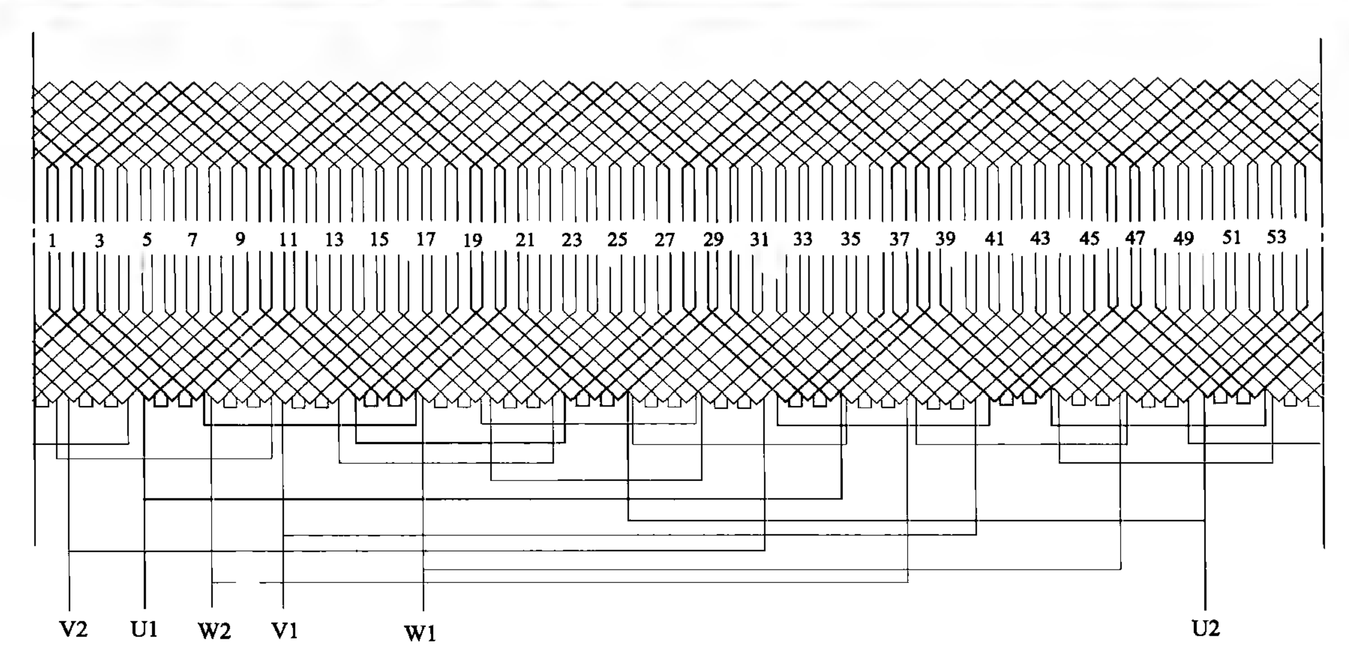


图12-67（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=54$，$a=2$，$y=1\ \ 9$）

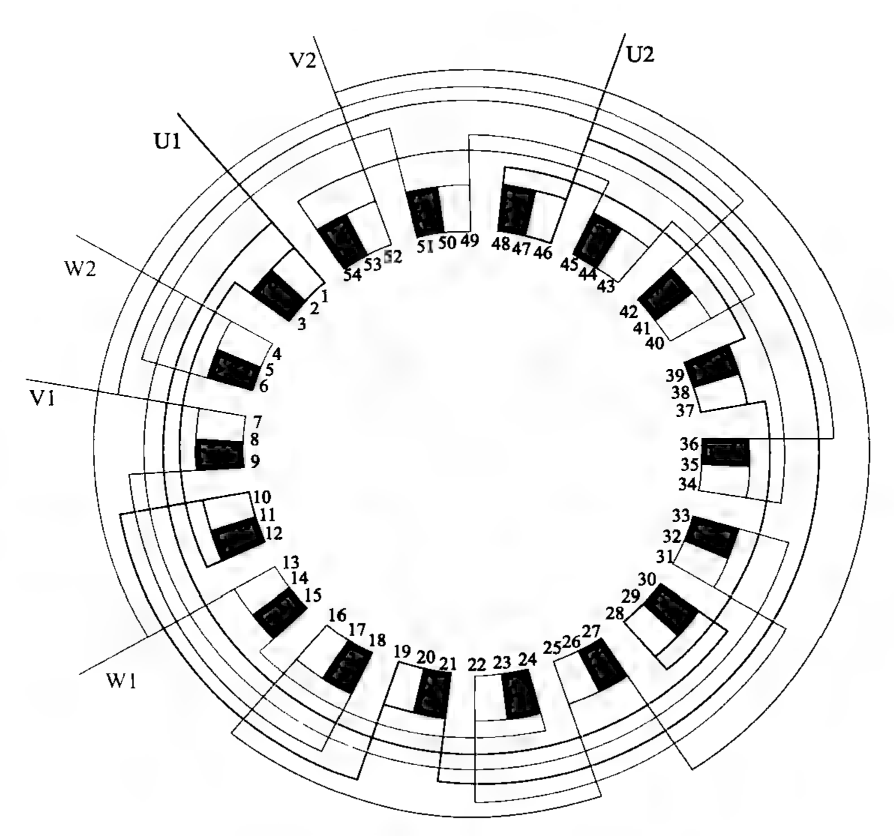


图12-67（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=54$，$a=2$，$y=1\ \ 9$）

12.68　三相 6 极 54 槽双层叠绕组 3 路接法展开图与接线圆图（图 12 68）

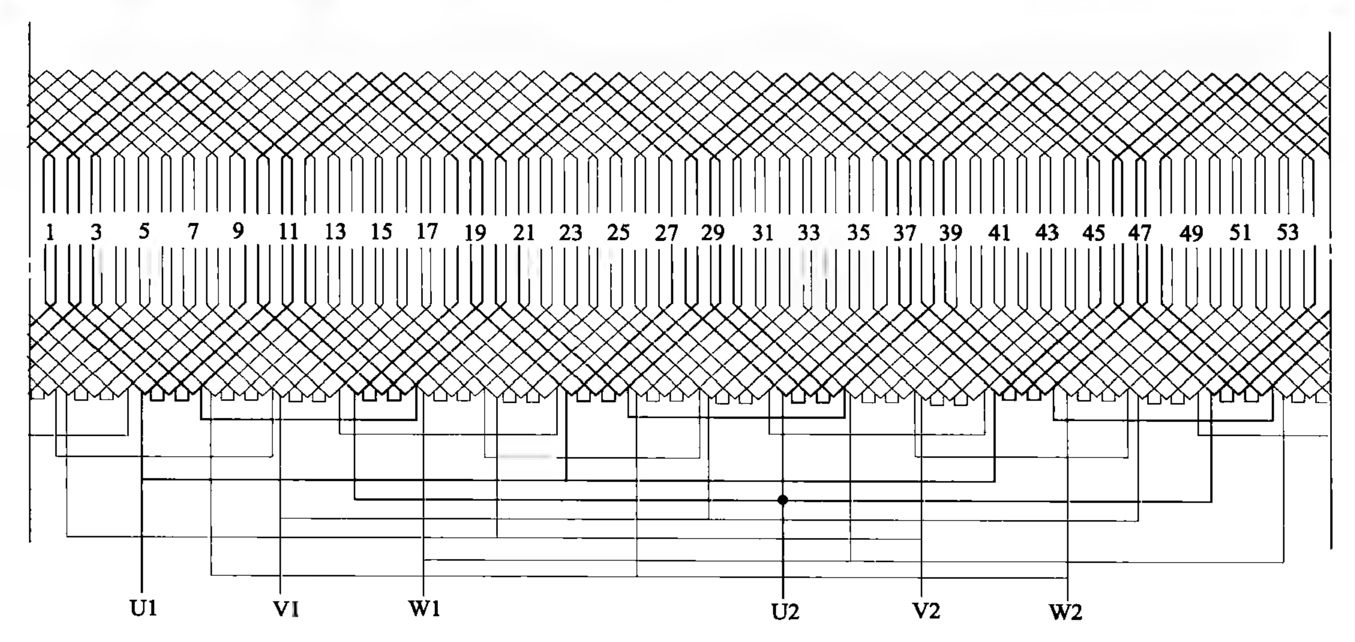


图 12-68（a）　三相双层叠绕组展开图

$(2p=6,\ Z_1=54,\ a=3,\ y=1—9)$

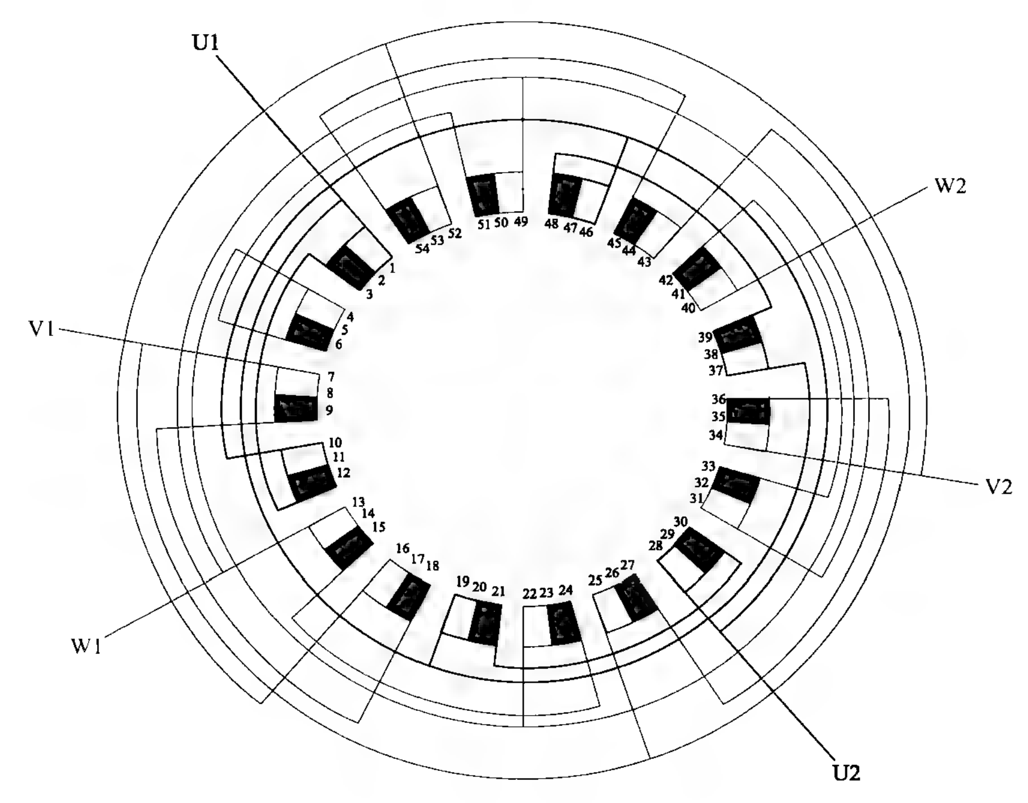


图 12-68（b）　三相双层叠绕组接线圆图

$(2p=6,\ Z_1=54,\ a=3,\ y=1—9)$

12.69 三相 6 极 54 槽双层叠绕组 6 路接法展开图与接线圆图（图 12-69）



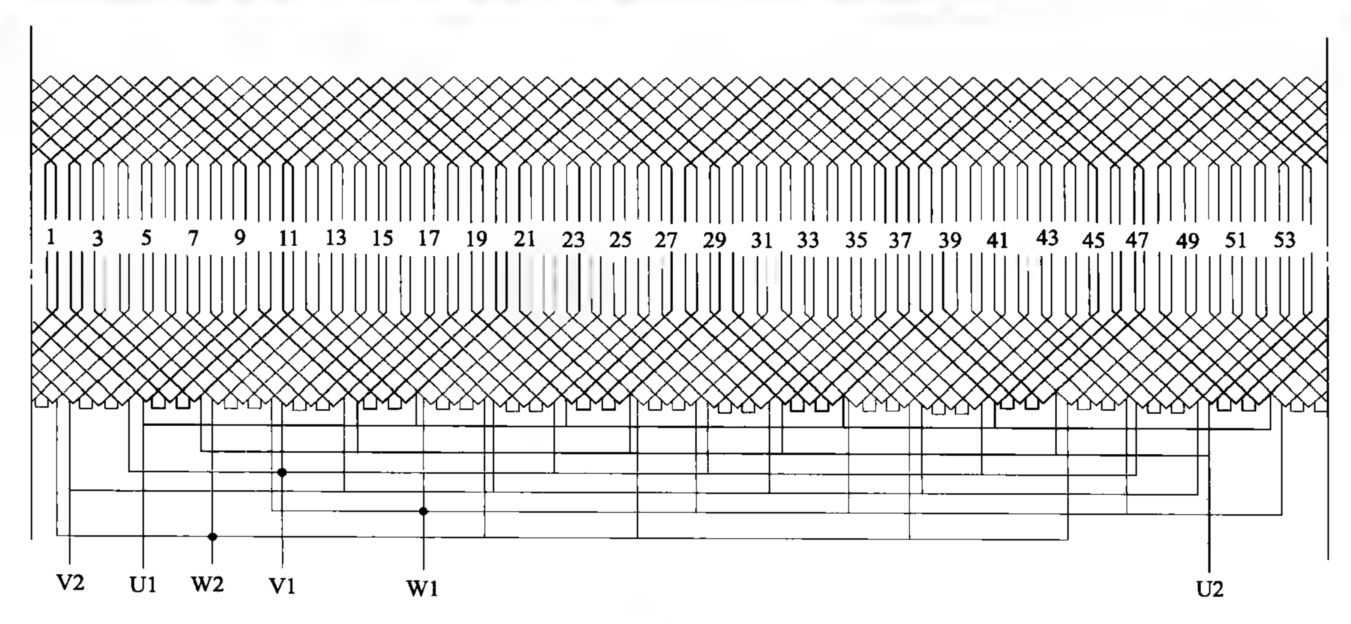


图 12-69（a） 三相双层叠绕组展开图

($2p=6$，$Z_1=54$，$a=6$，$y=1—9$)

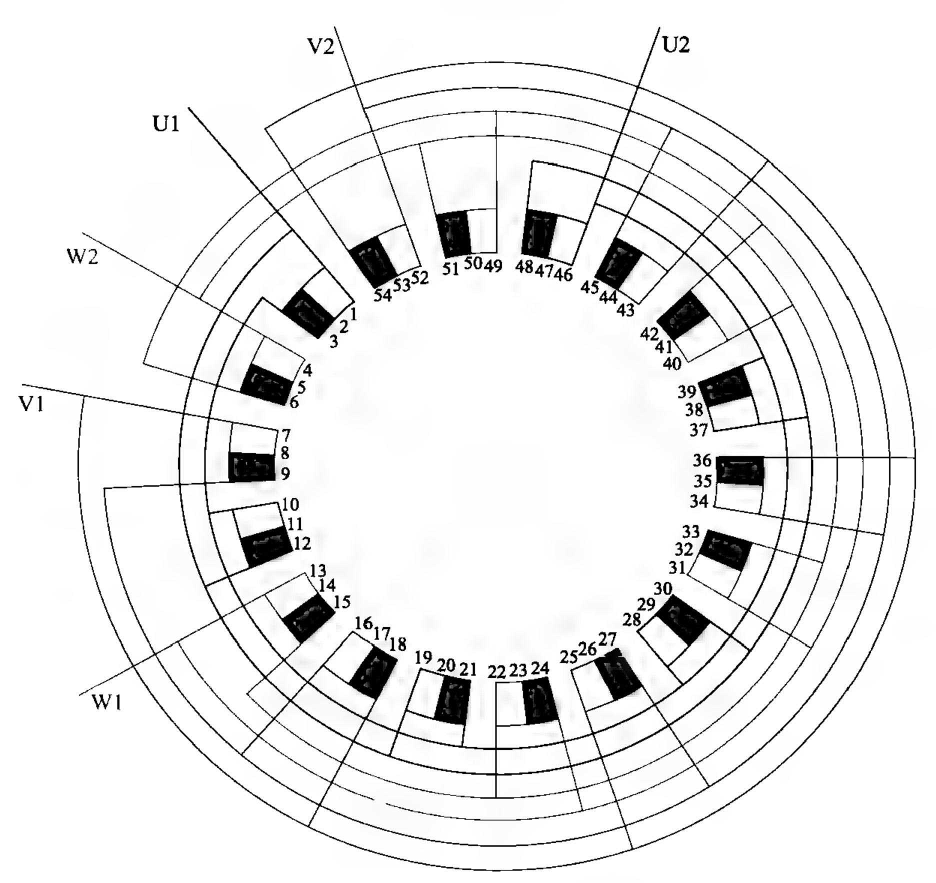


图 12-69（b） 三相双层叠绕组接线圆图

($2p=6$，$Z_1=54$，$a=6$，$y=1—9$)

12.70 三相 6 极 60 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-70）



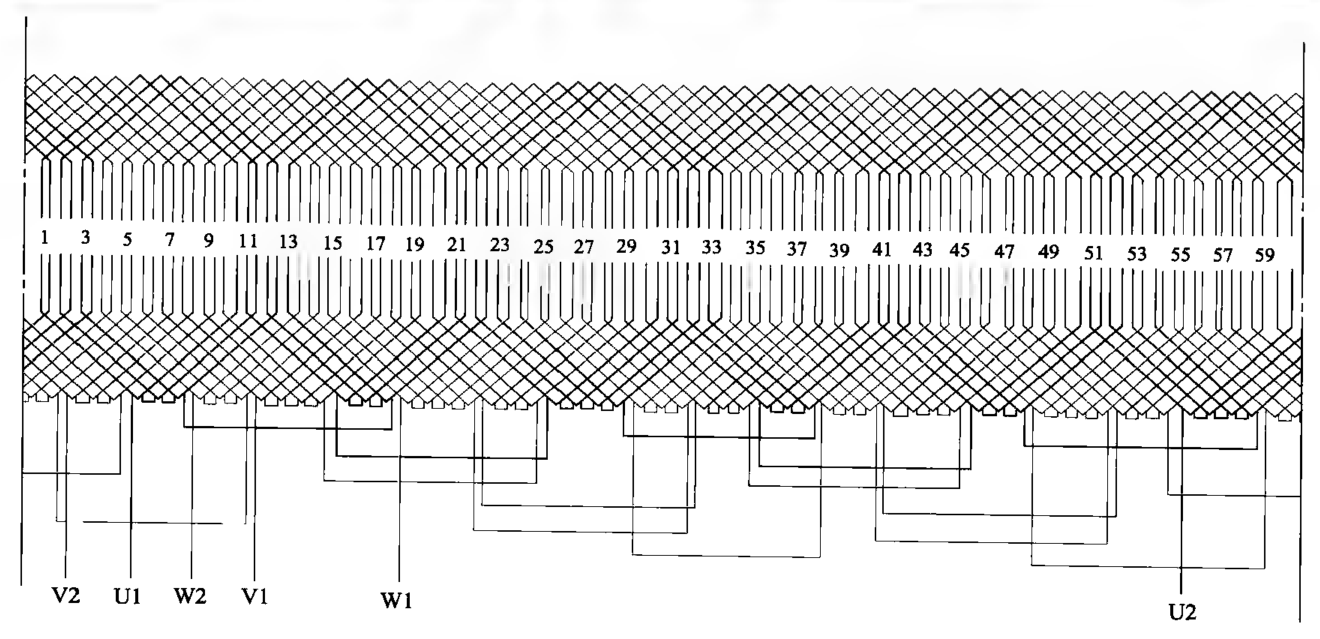


图 12-70（a） 三相双层叠绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=60$，$a=1$，$y=1—10$）

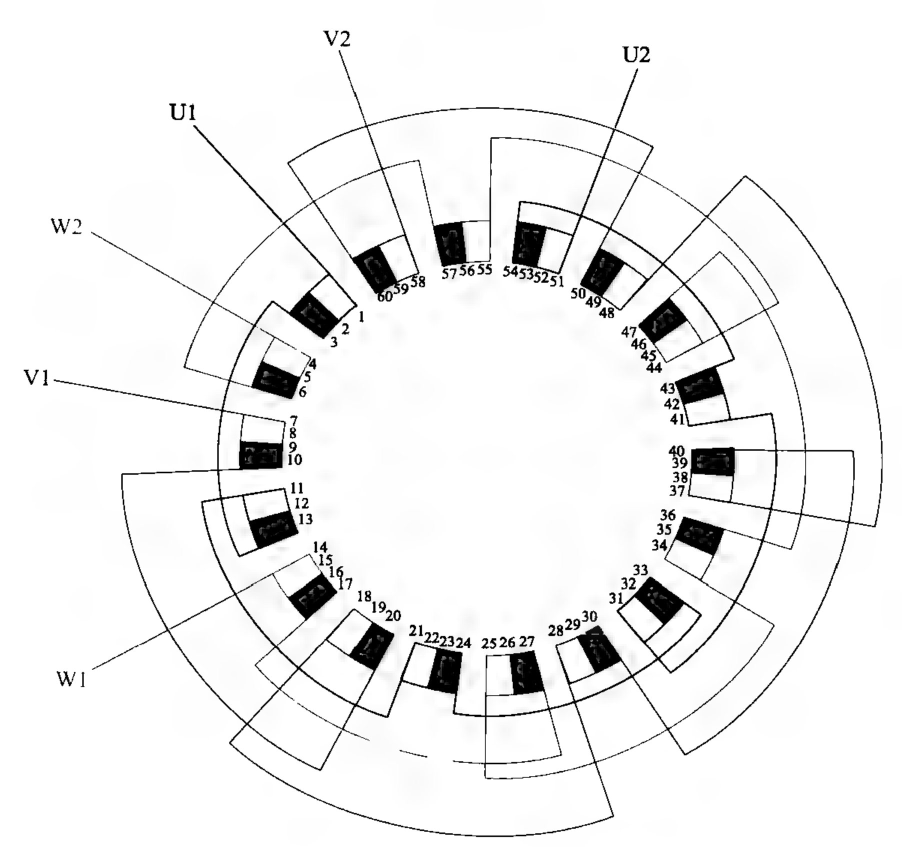


图 12-70（b） 三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=60$，$a=1$，$y=1—10$）

12.71　三相6极60槽双层叠绕组2路接法展开图与接线圆图（图12.71）

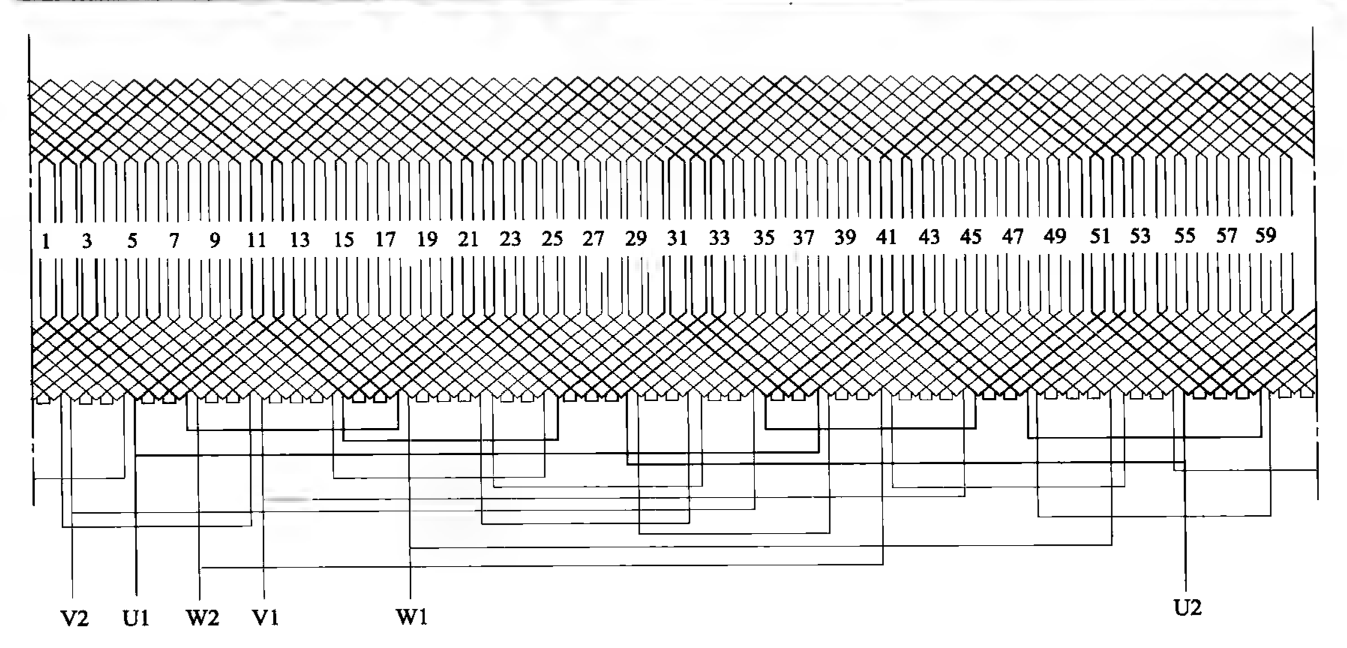


图12-71（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=60$，$a=2$，$y=1$—10）

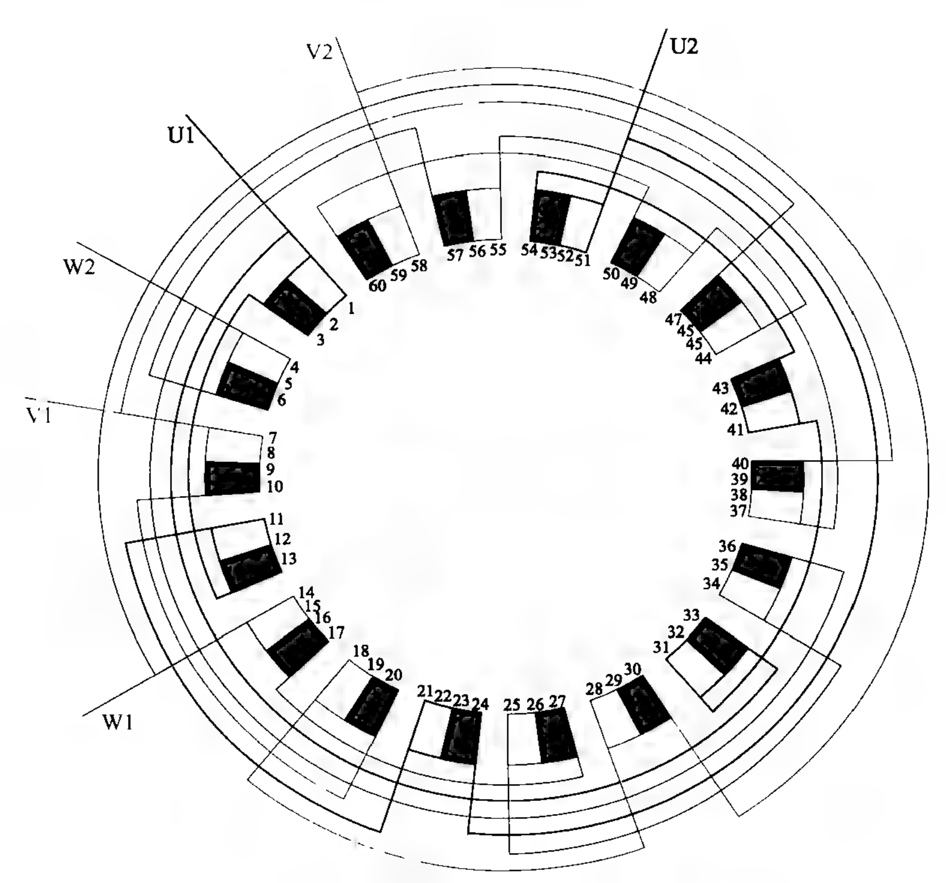


图12-71（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=60$，$a=2$，$y=1$—10）

12.72　三相 6 极 72 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12.72）

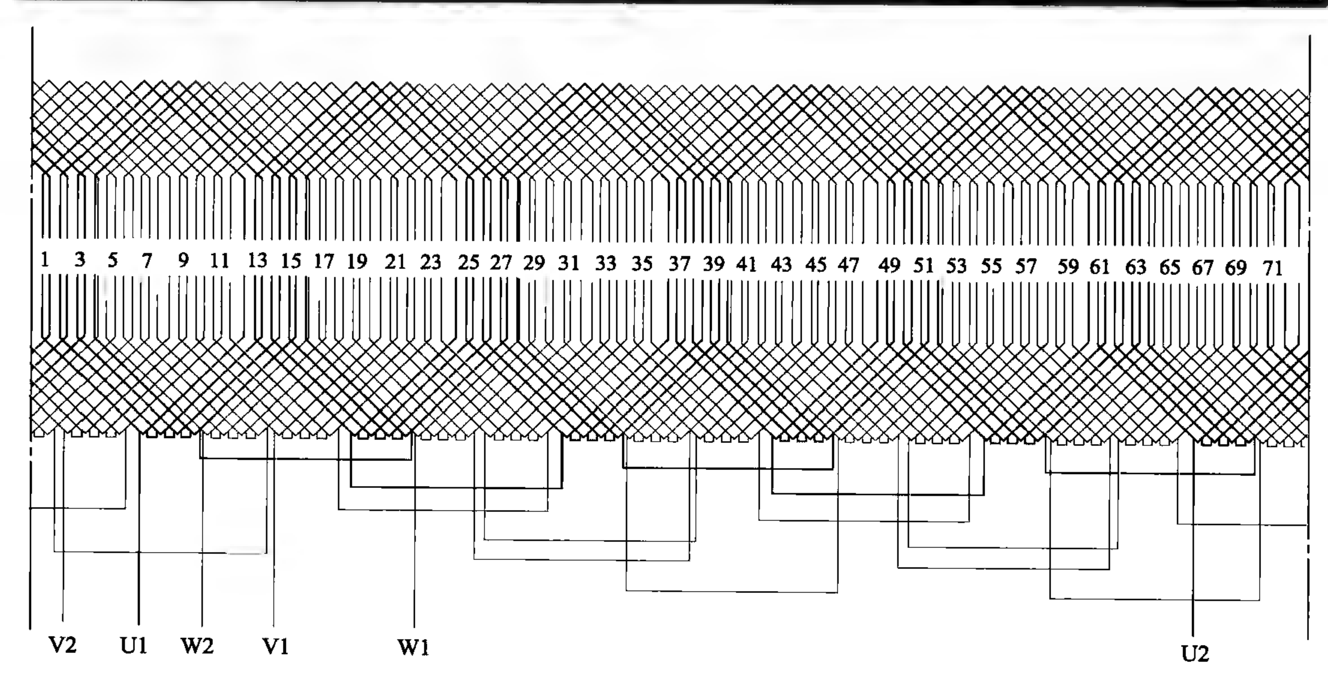


图 12-72（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=72$，$a=1$，$y=1—12$）

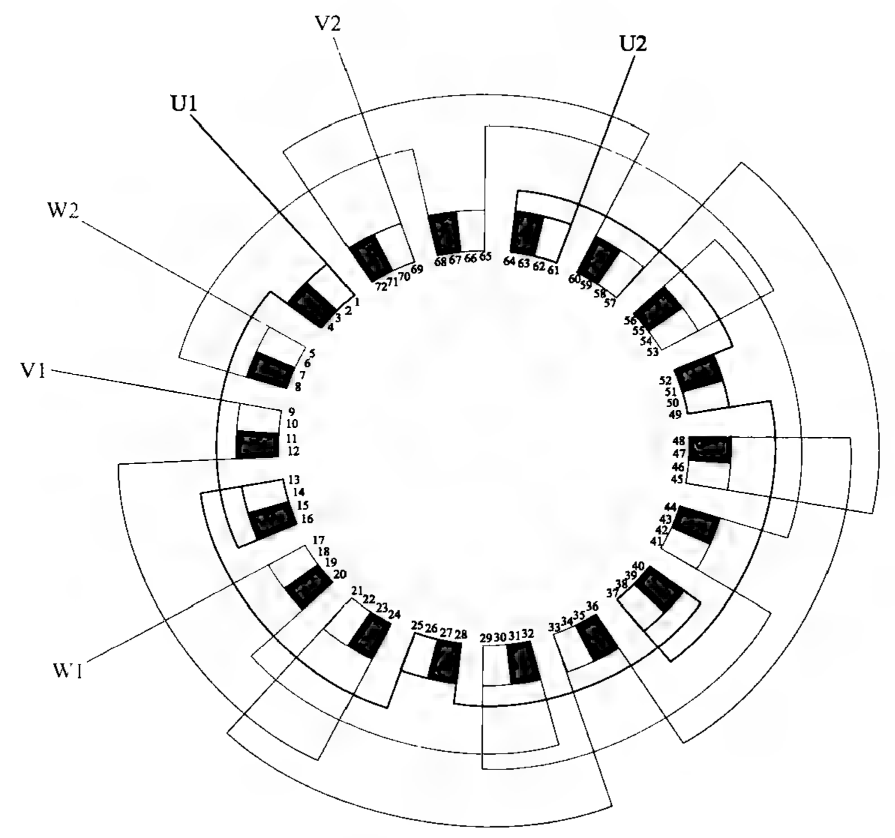


图 12-72（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=72$，$a=1$，$y=1—12$）

12.73　三相 6 极 72 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-73）



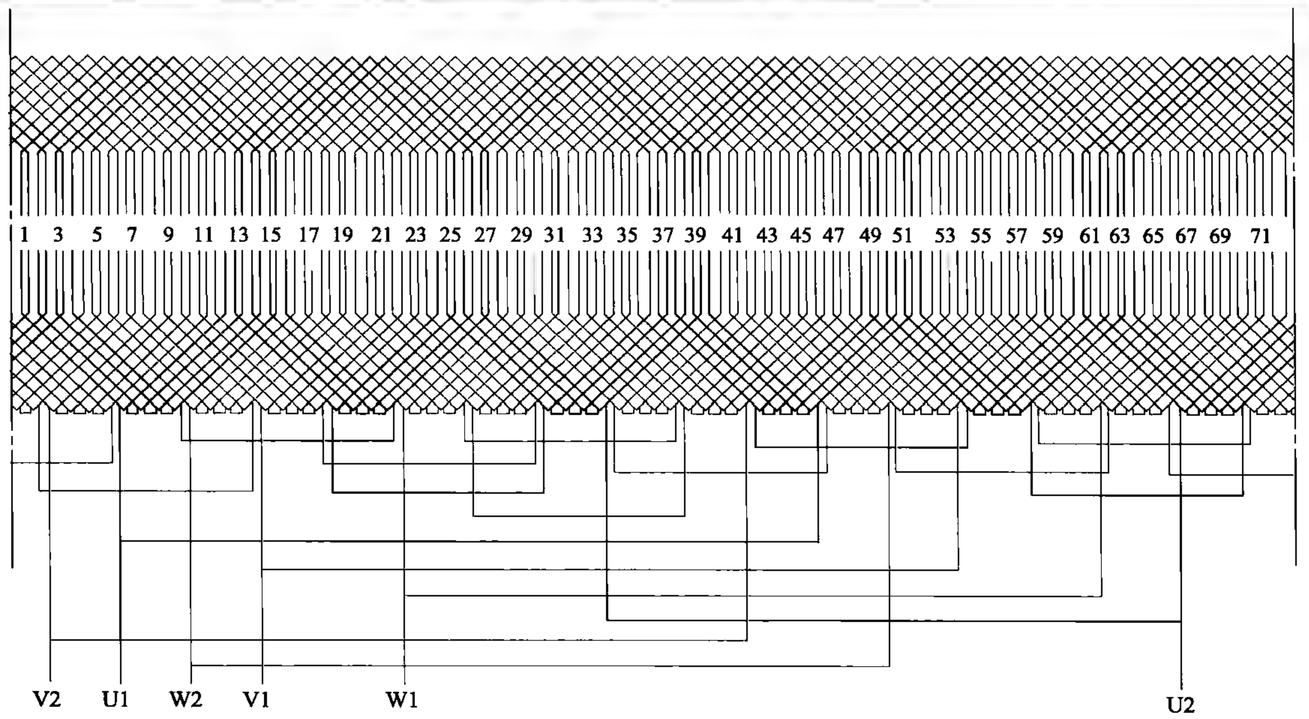


图 12-73（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=72$，$a=2$，$y=1—12$）

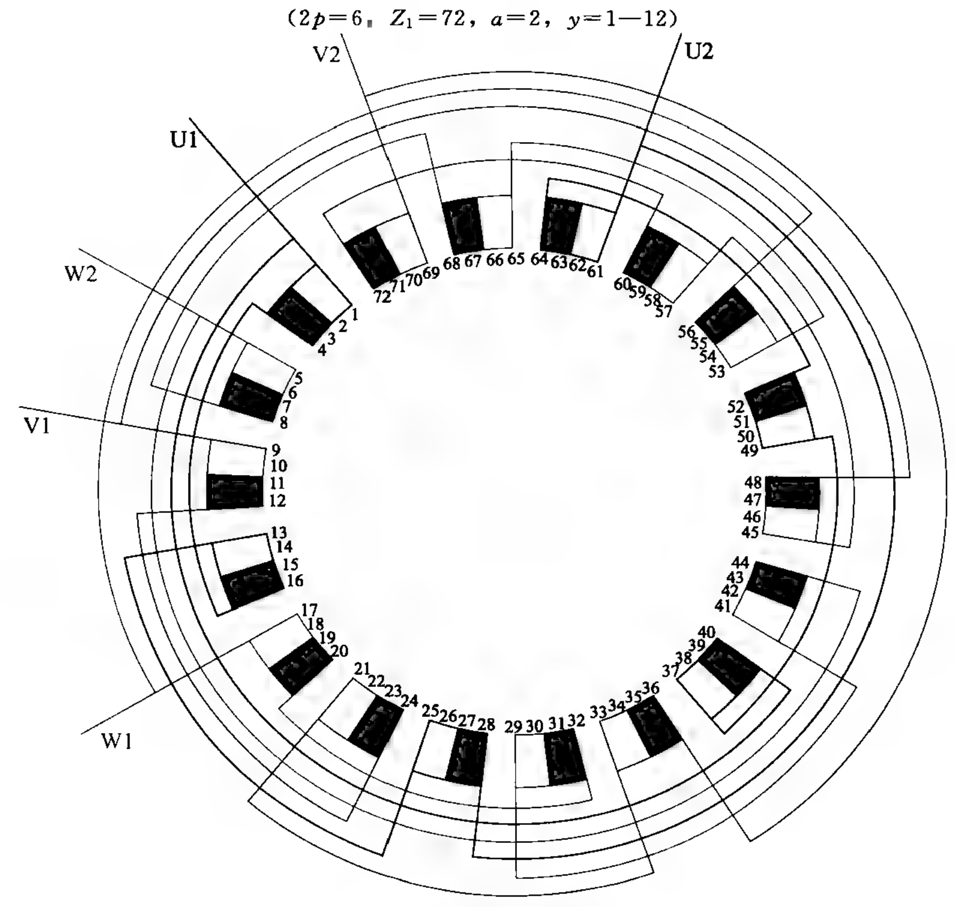


图 12-73（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=72$，$a=2$，$y=1—12$）

12.74　三相 6 极 72 槽双层叠绕组 3 路接法展开图与接线圆图（图 12-74）



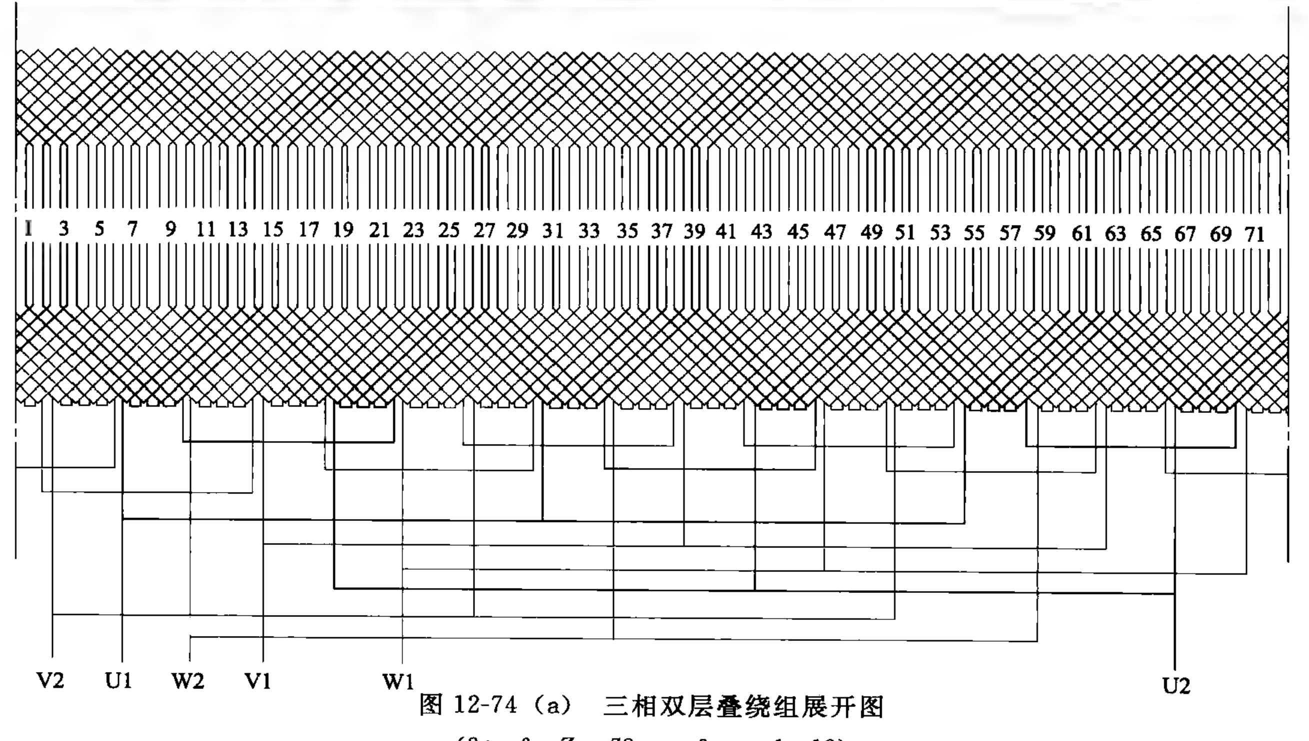


图 12-74（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=72$，$a=3$，$y=1—12$）

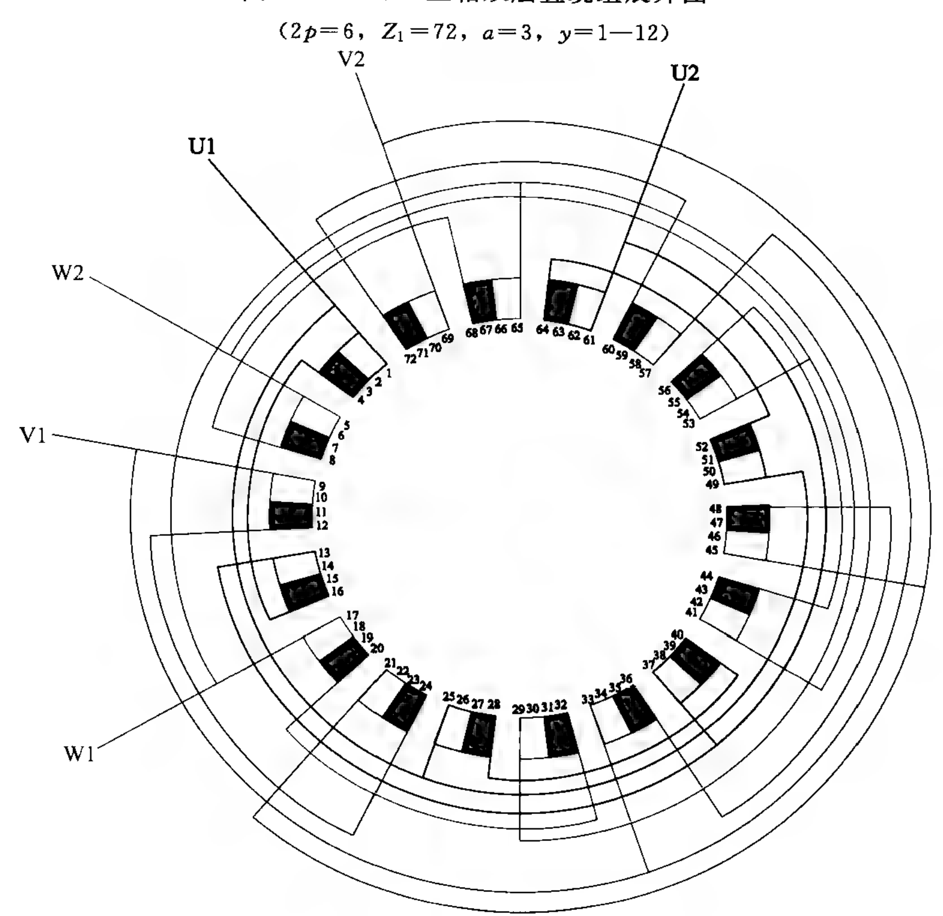


图 12-74（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=72$，$a=3$，$y=1—12$）

12.75　三相6极72槽双层叠绕组6路接法展开图与接线圆图（图12-75）



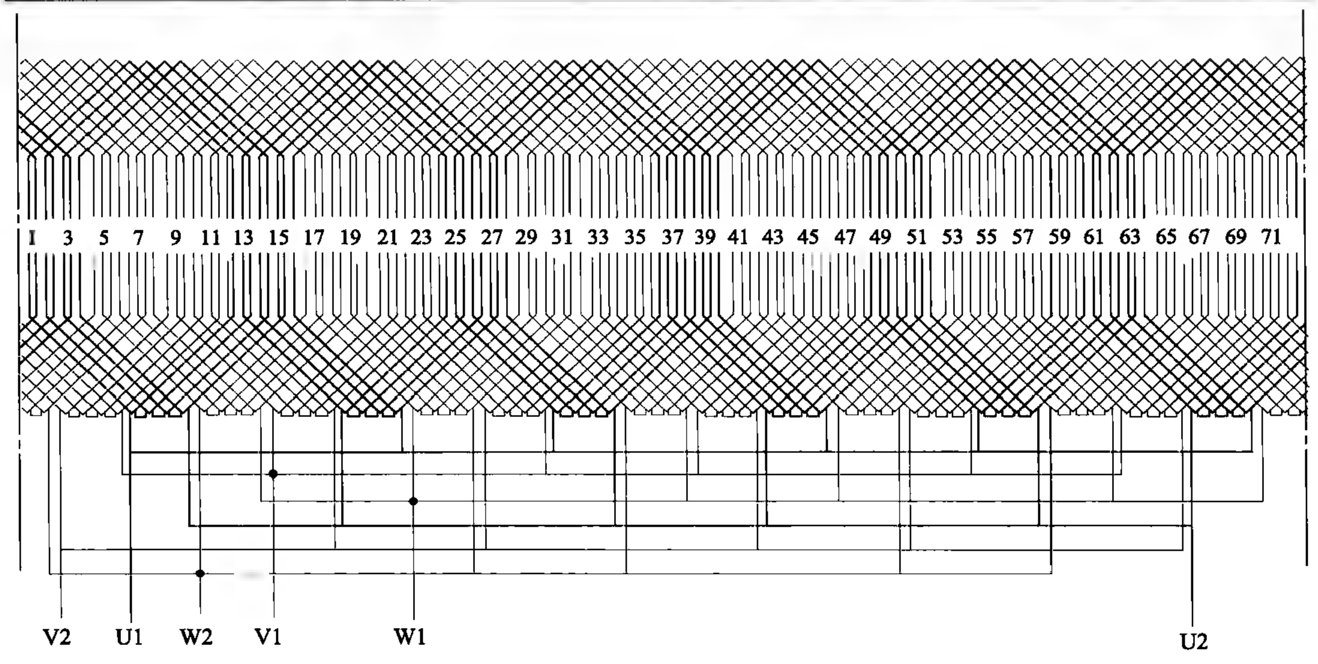


图12-75（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=6$，$Z_1=72$，$a=6$，$y=1—12$）

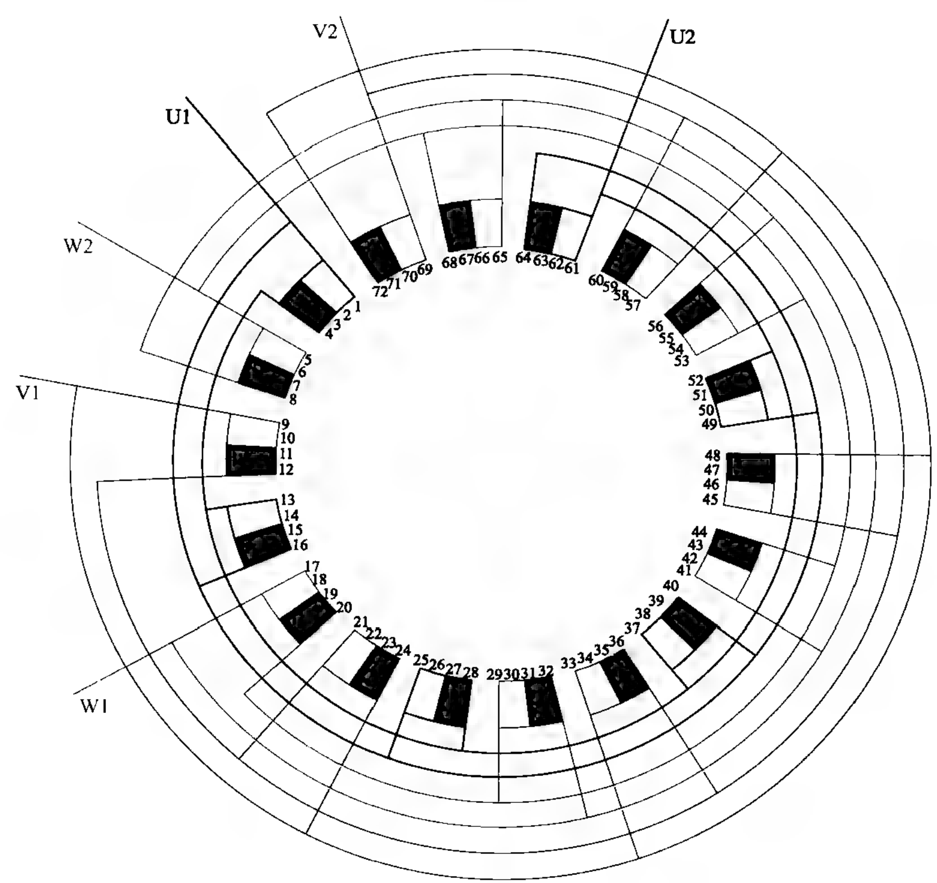


图12-75（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=6$，$Z_1=72$，$a=6$，$y=1—12$）

12.76　三相 8 极 36 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-76）

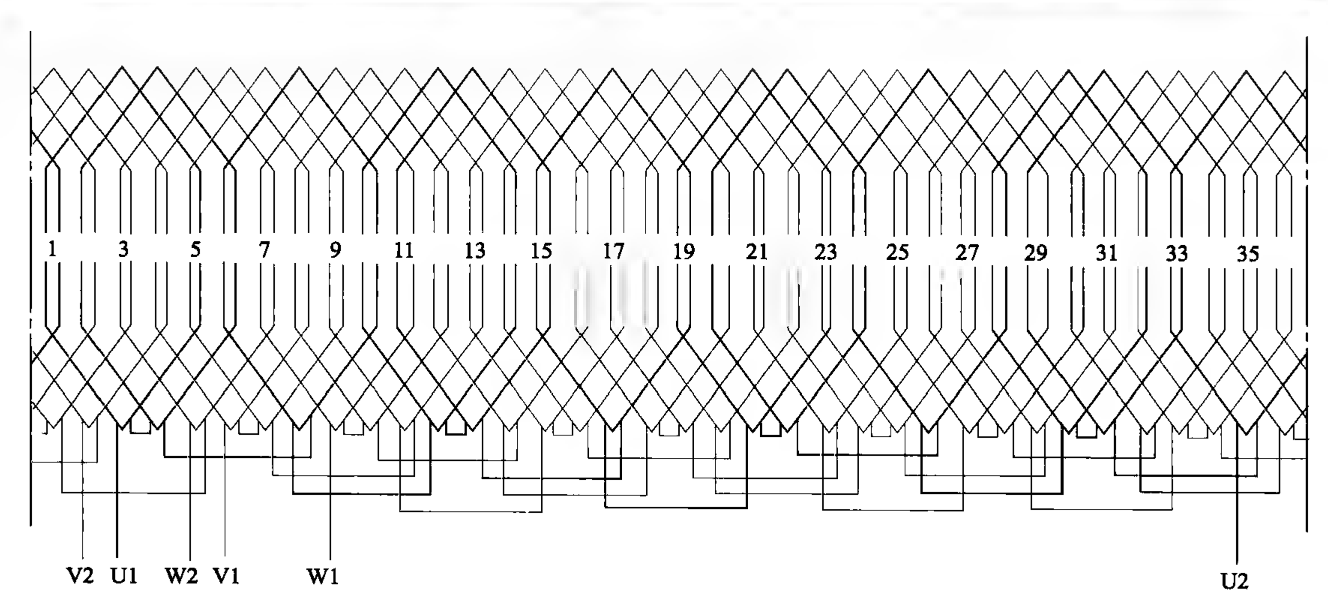


图 12-76（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=36$，$a=1$，$y=1—5$）

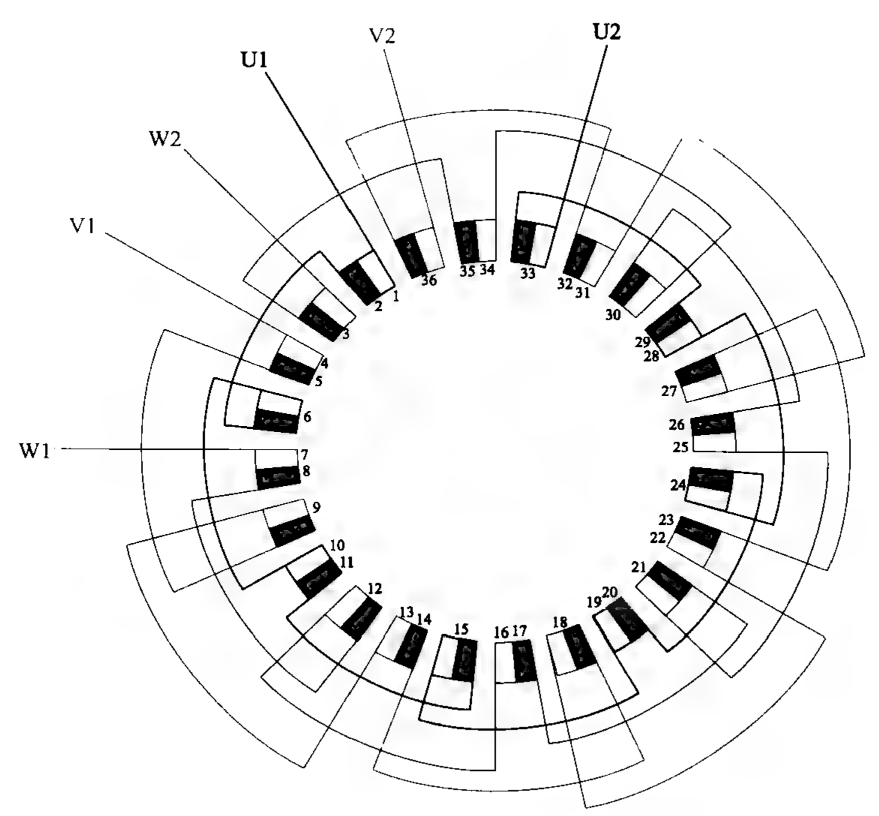


图 12-76（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=36$，$a=1$，$y=1—5$）

12.77　三相 8 极 36 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-77）

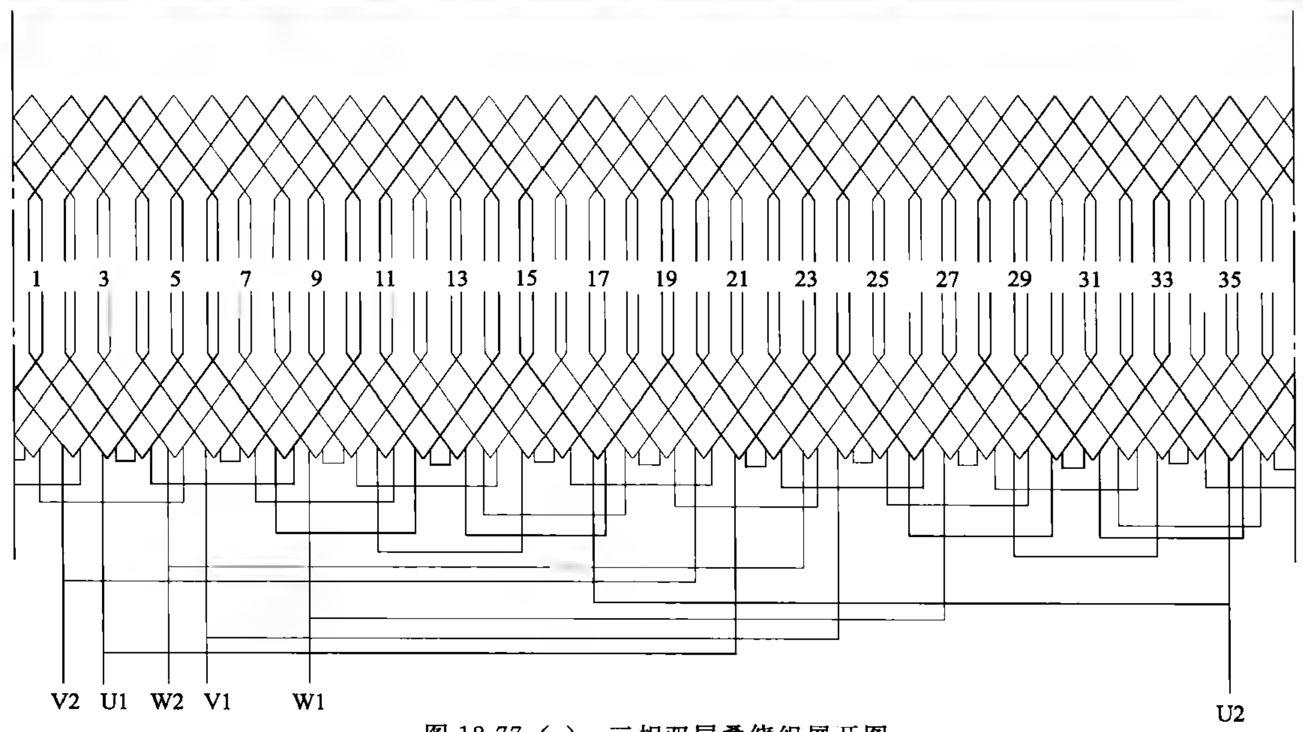


图 12-77（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=36$，$a=2$，$y=1$　5）

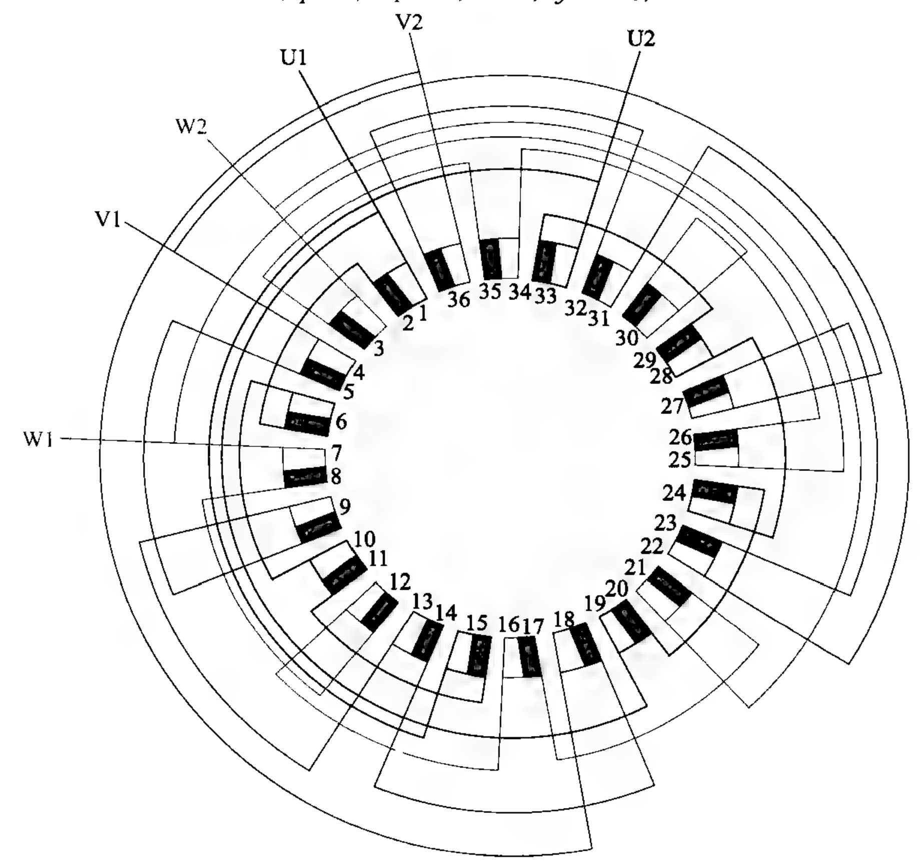


图 12-77（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=36$，$a=2$，$y=1-5$）

12.78　三相 8 极 36 槽双层叠绕组 4 路接法展开图与接线圆图（图 12-78）

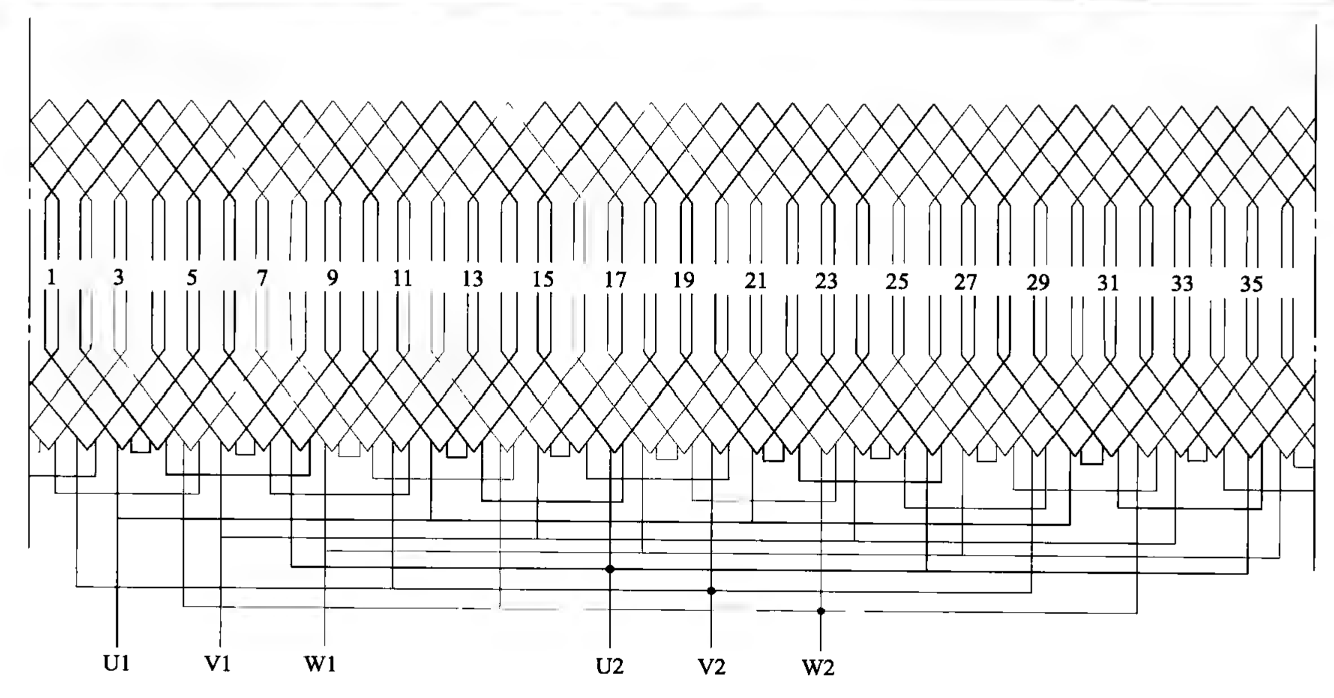


图 12-78（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=36$，$a=4$，$y=1-5$）

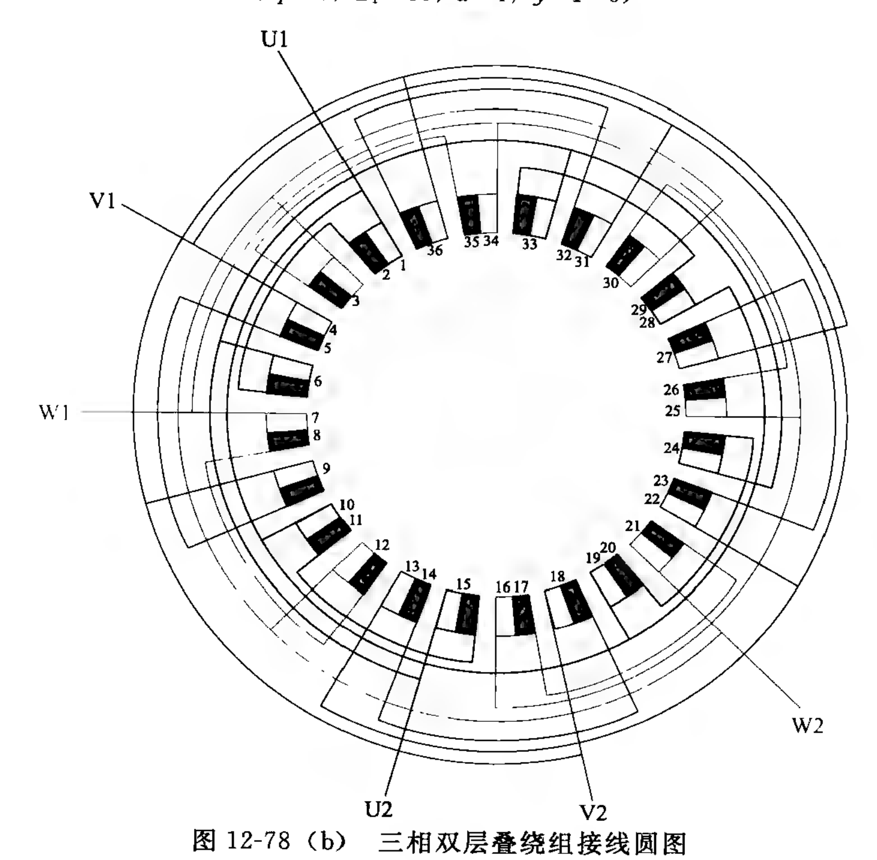


图 12-78（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=36$，$a=4$，$y=1-5$）

12.79 三相 8 极 48 槽单层链式绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-79）



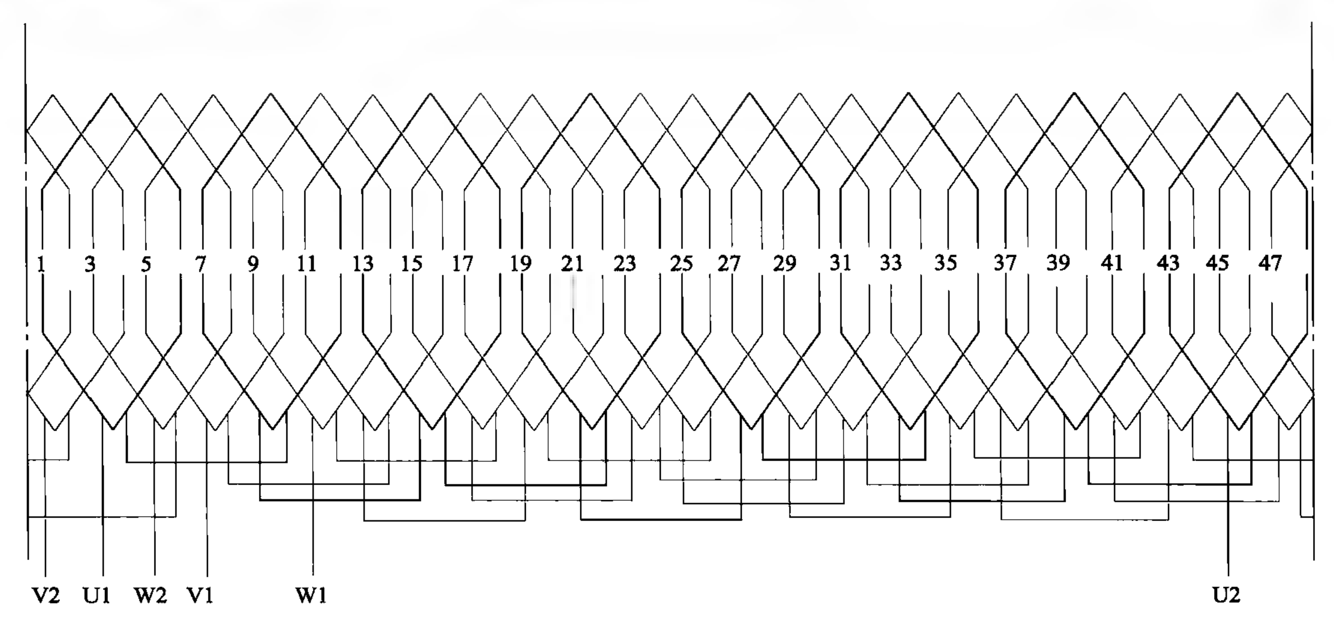


图 12-79（a） 三相单层链式绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1—6$）

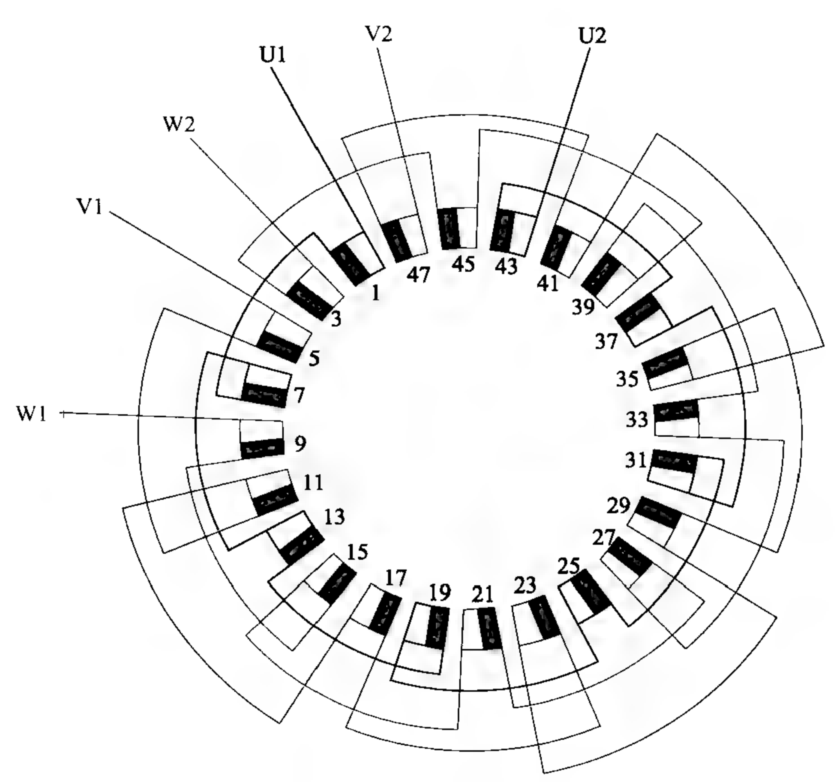


图 12-79（b） 三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1—6$）

12.80 三相 8 极 48 槽单层链式绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-80）

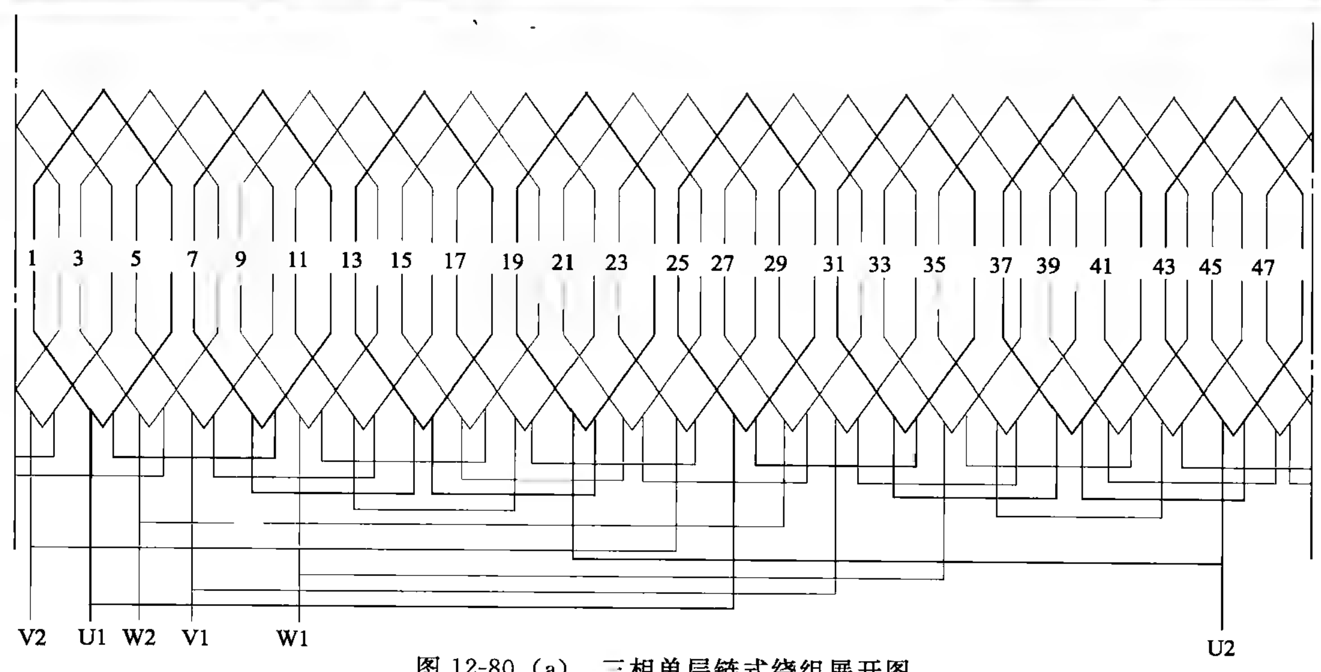


图 12-80（a） 三相单层链式绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1$ 6）

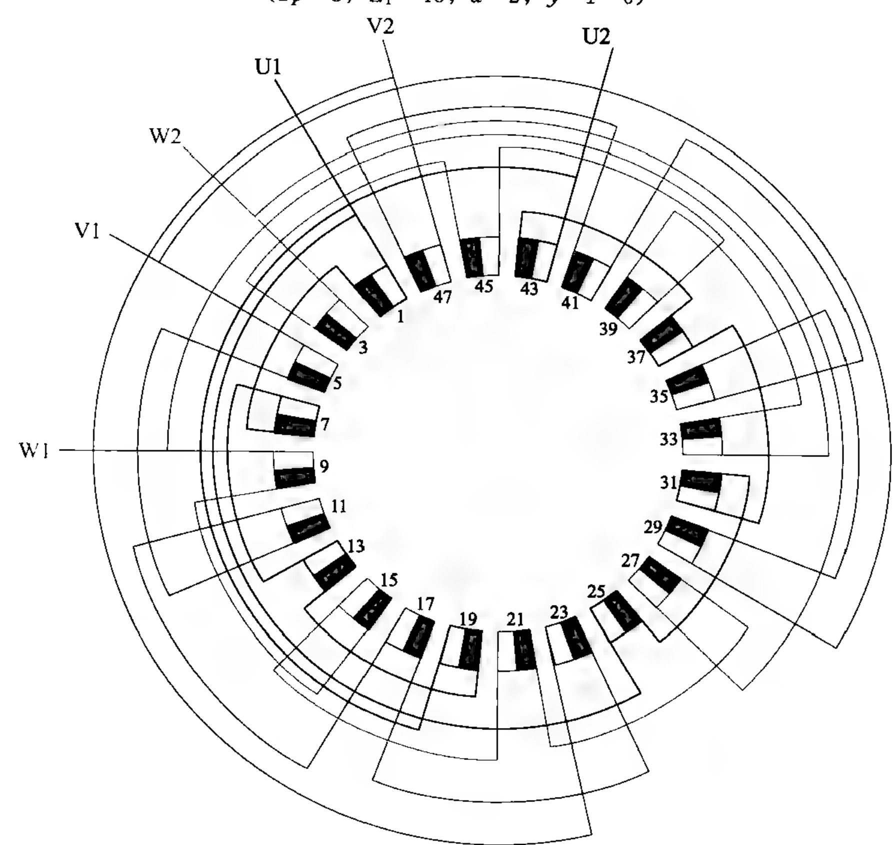


图 12-80（b） 三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1$ 6）

12.81　三相 8 极 48 槽单层链式绕组 4 路接法展开图与接线圆图（图 12-81）

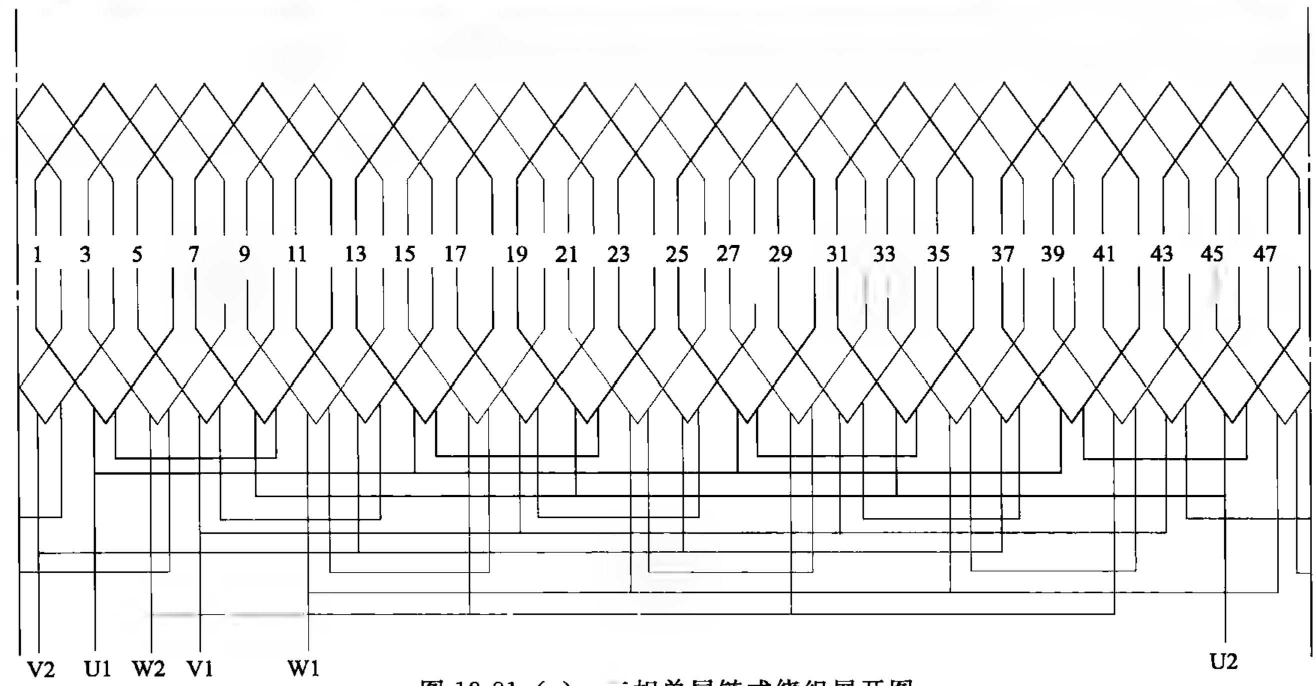


图 12-81（a）　三相单层链式绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=4$，$y=1—6$）

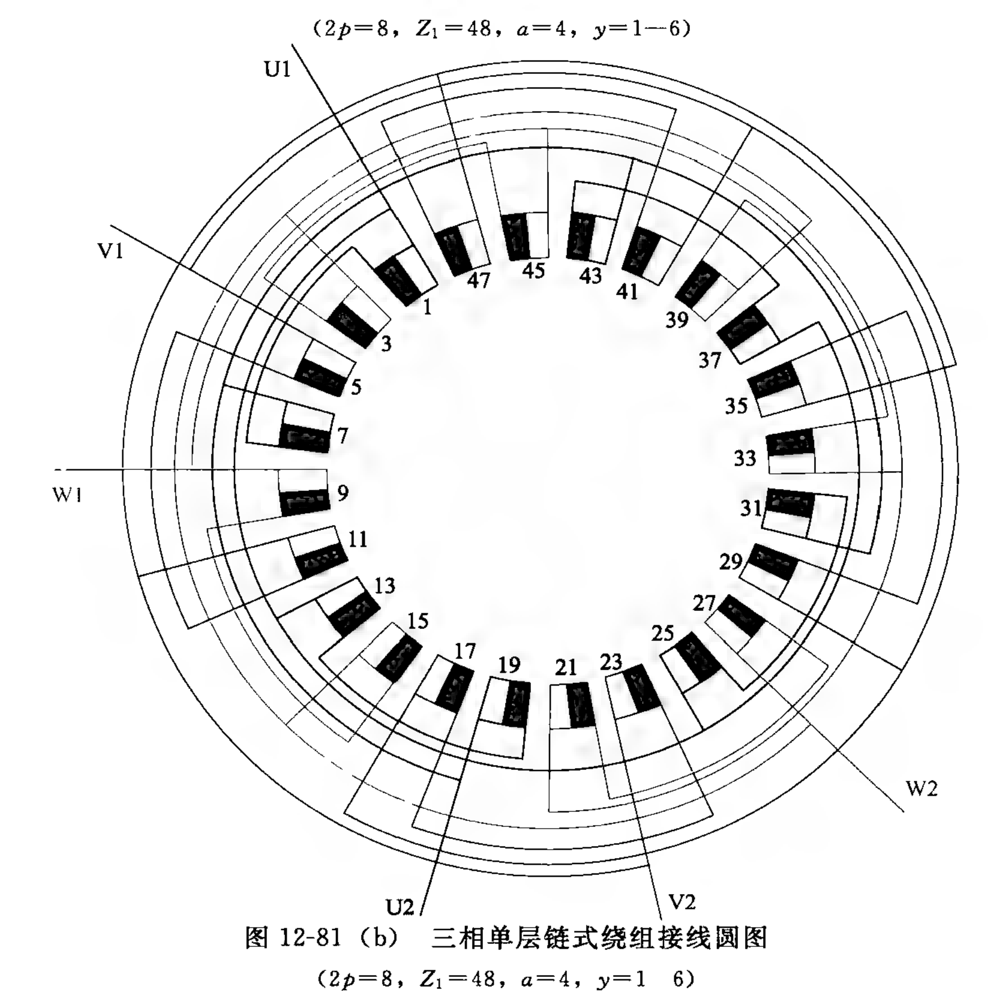


图 12-81（b）　三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=4$，$y=1$　6）

12.82　三相 8 极 48 槽单层链式绕组 8 路接法展开图与接线圆图（图 12-82）

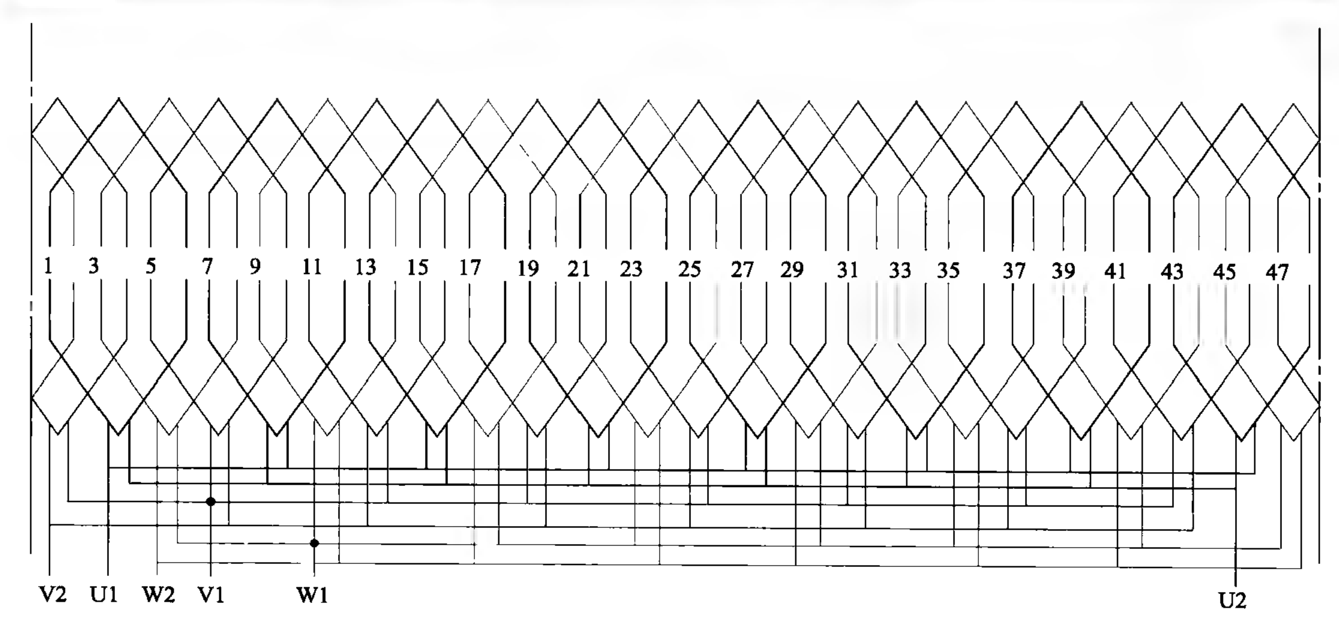


图 12-82（a）　三相单层链式绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=8$，$y=1$　6）

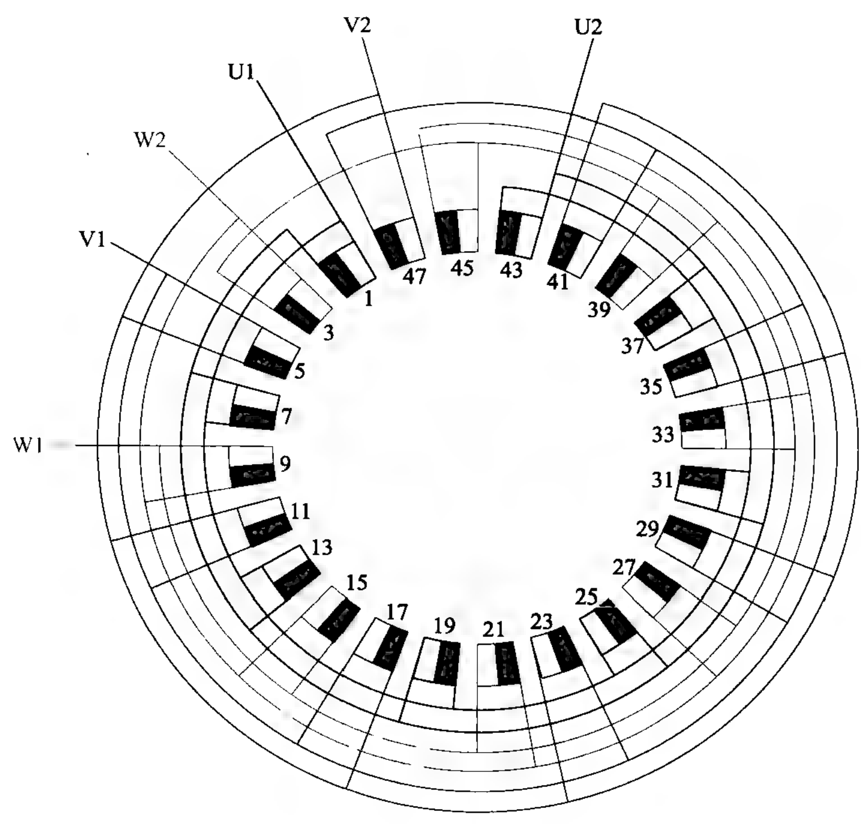


图 12-82（b）　三相单层链式绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=8$，$y=1—6$）

12. 83　三相 8 极 48 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-83）

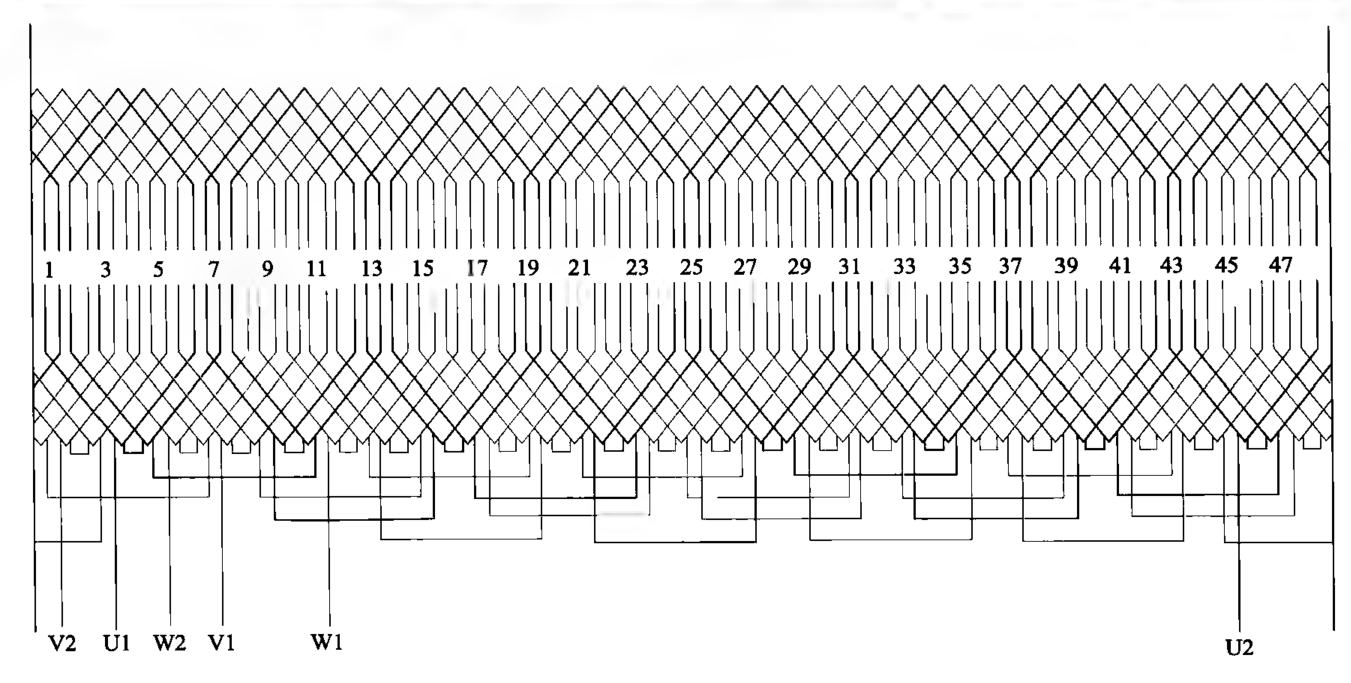


图 12-83（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1—6$）

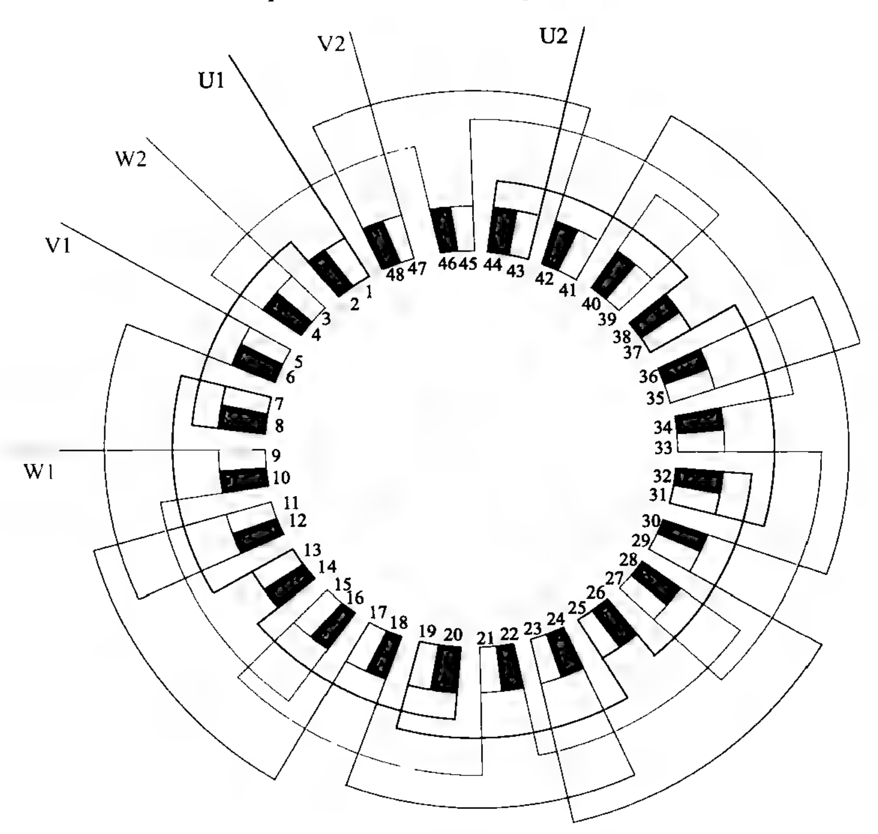
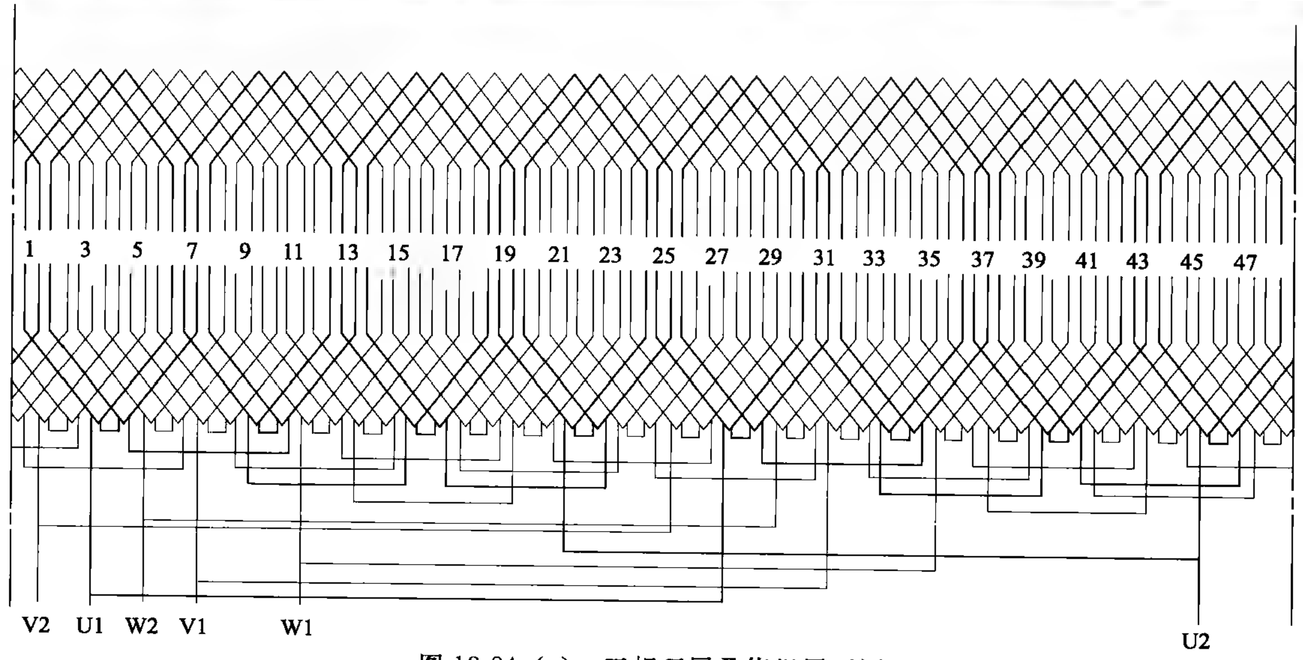


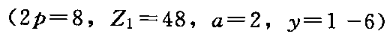
图 12-83（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=1$，$y=1—6$）

12.84　三相 8 极 48 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-84）






图 12-84（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1-6$）

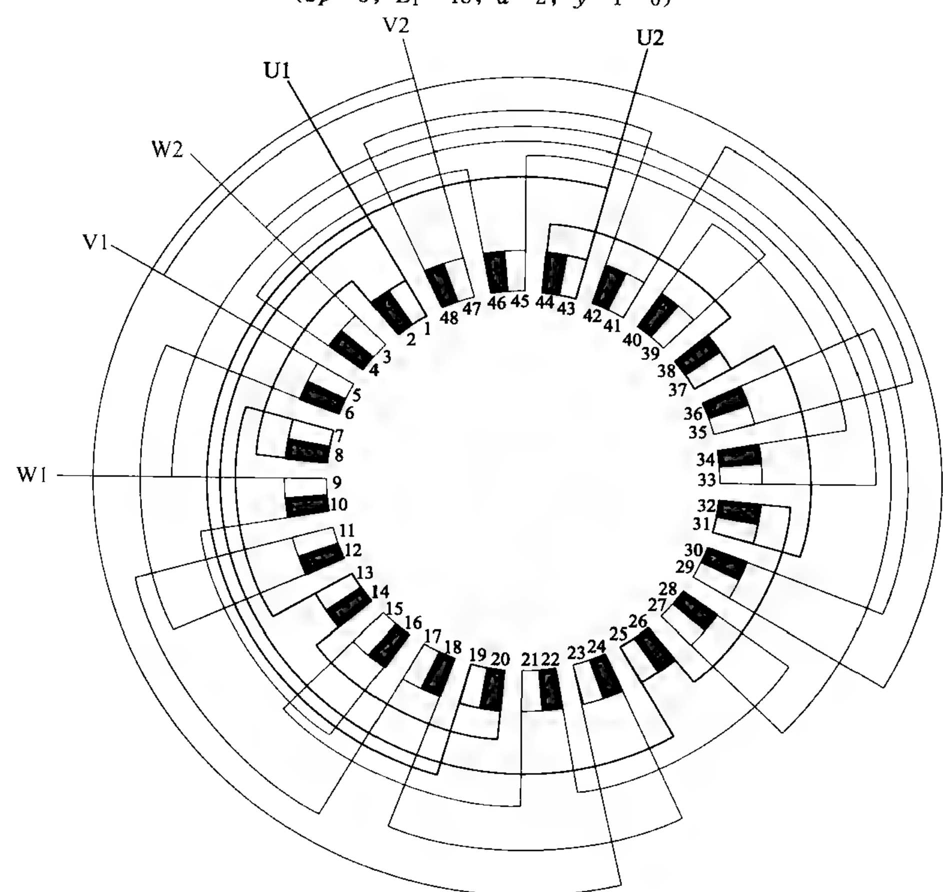


图 12-84（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=2$，$y=1-6$）

12.85 三相8极48槽双层叠绕组4路接法展开图与接线圆图（图12-85）



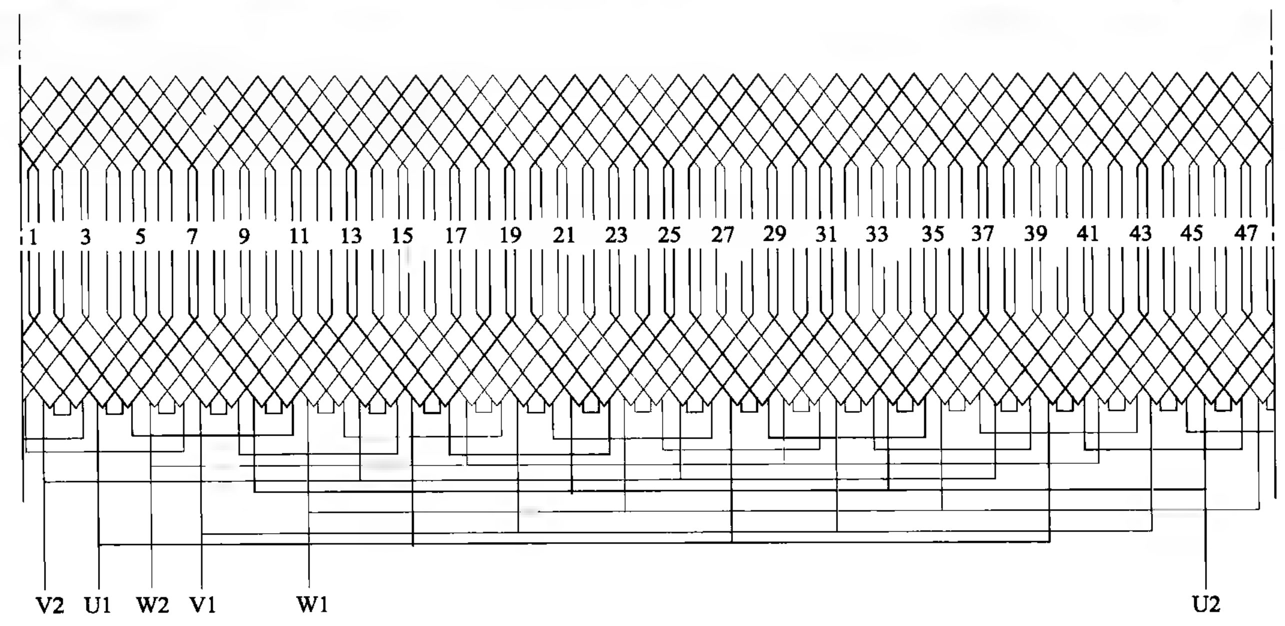


图12-85（a） 三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=4$，$y=1$　6）

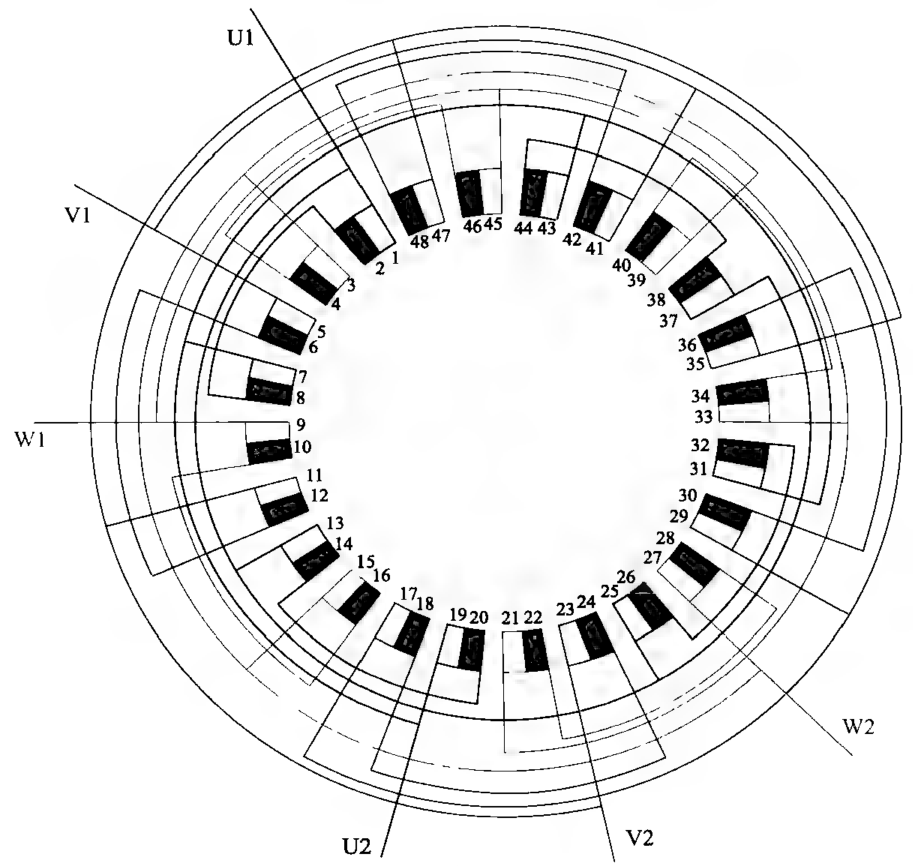


图12-85（b） 三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=4$，$y=1-6$）

12.86　三相 8 极 48 槽双层叠绕组 8 路接法展开图与接线圆图（图 12-86）

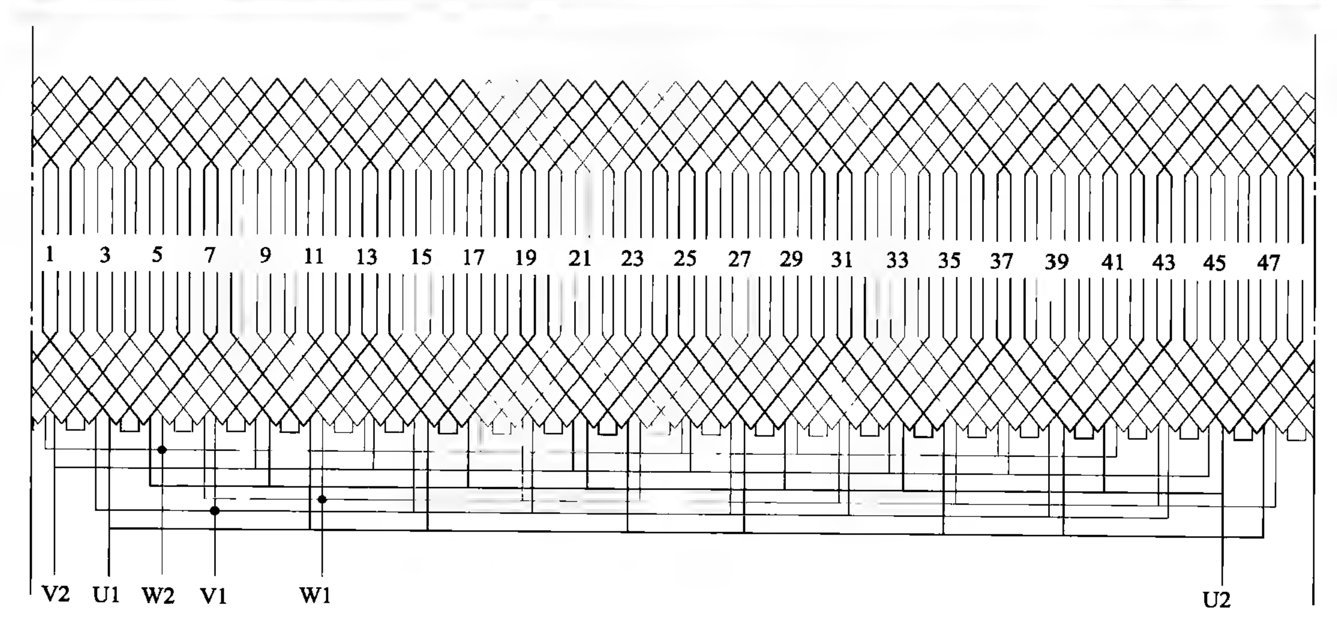


图 12-86（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=8$，$y=1-6$）

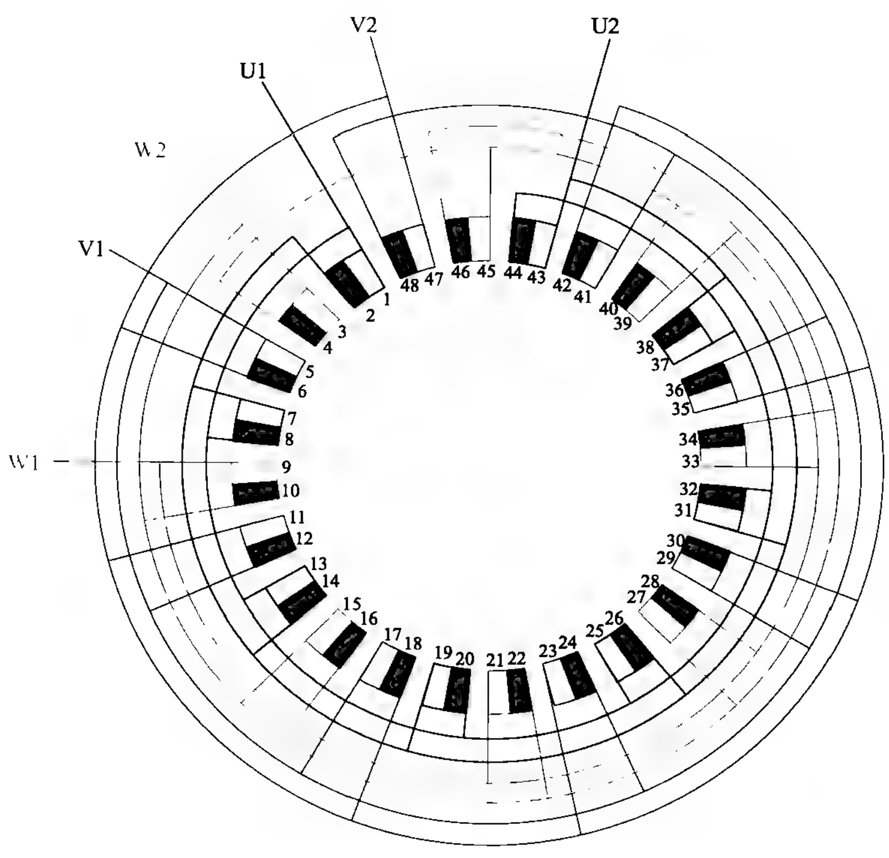


图 12-86（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=48$，$a=8$，$y=1-6$）

12.87　三相 8 极 54 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-87）

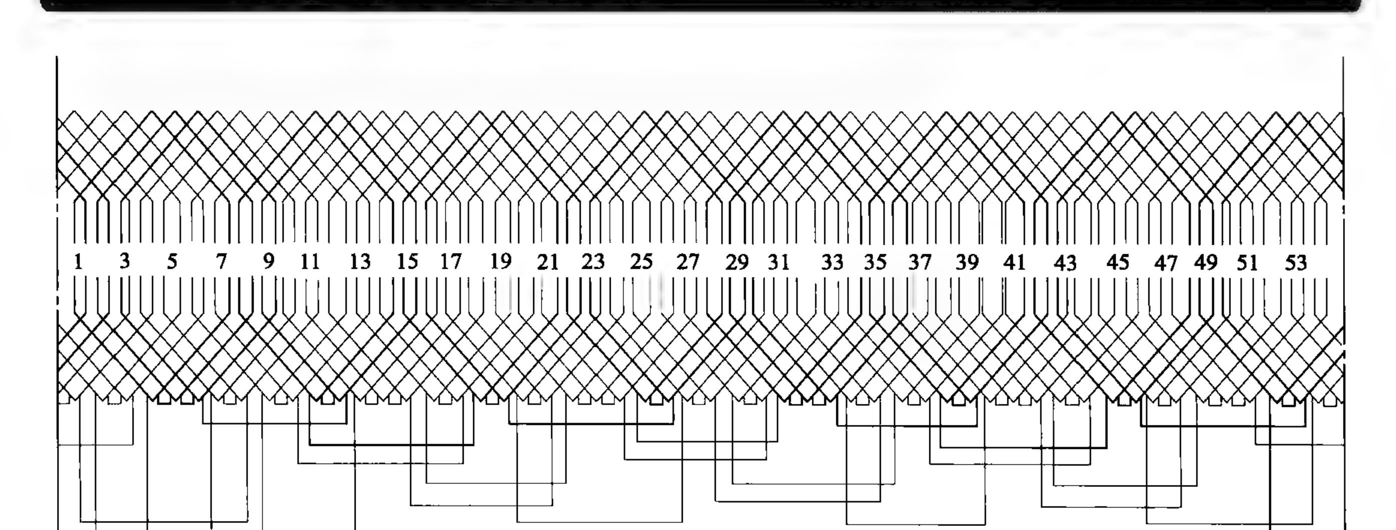


图 12-87（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=54$，$a=1$，$y=1—7$）

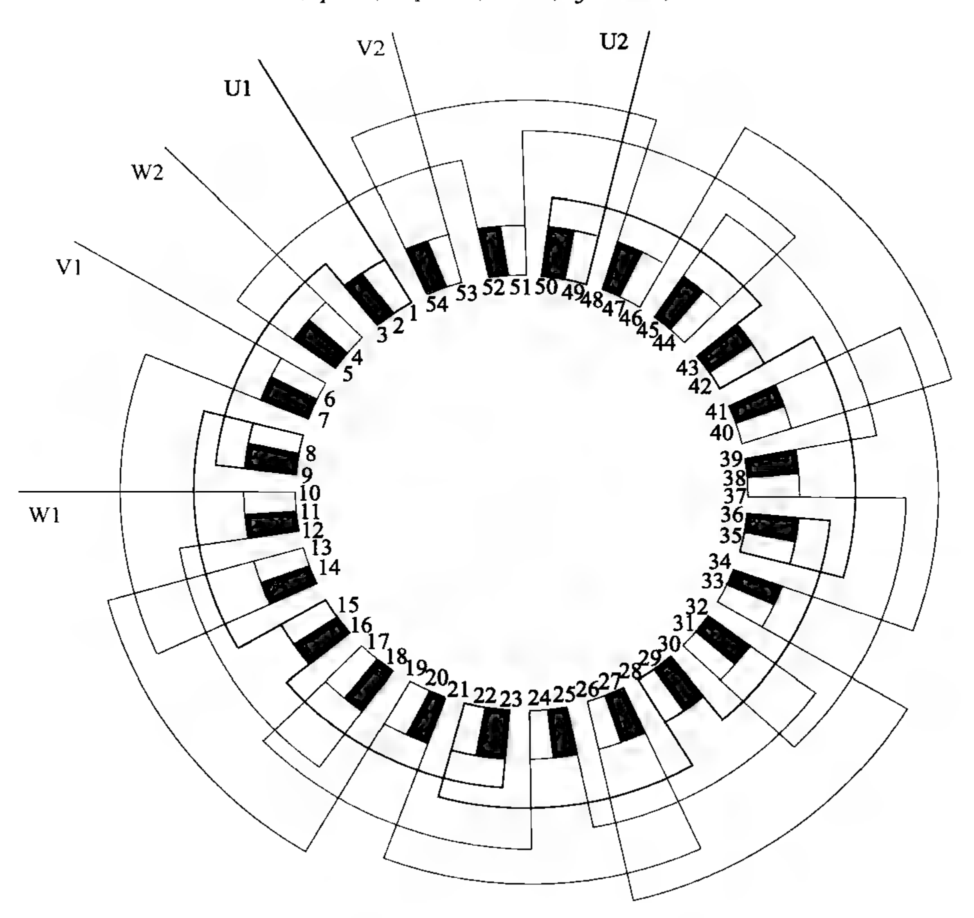


图 12-87（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=54$，$a=1$，$y=1—7$）

12.88　三相 8 极 54 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-88）

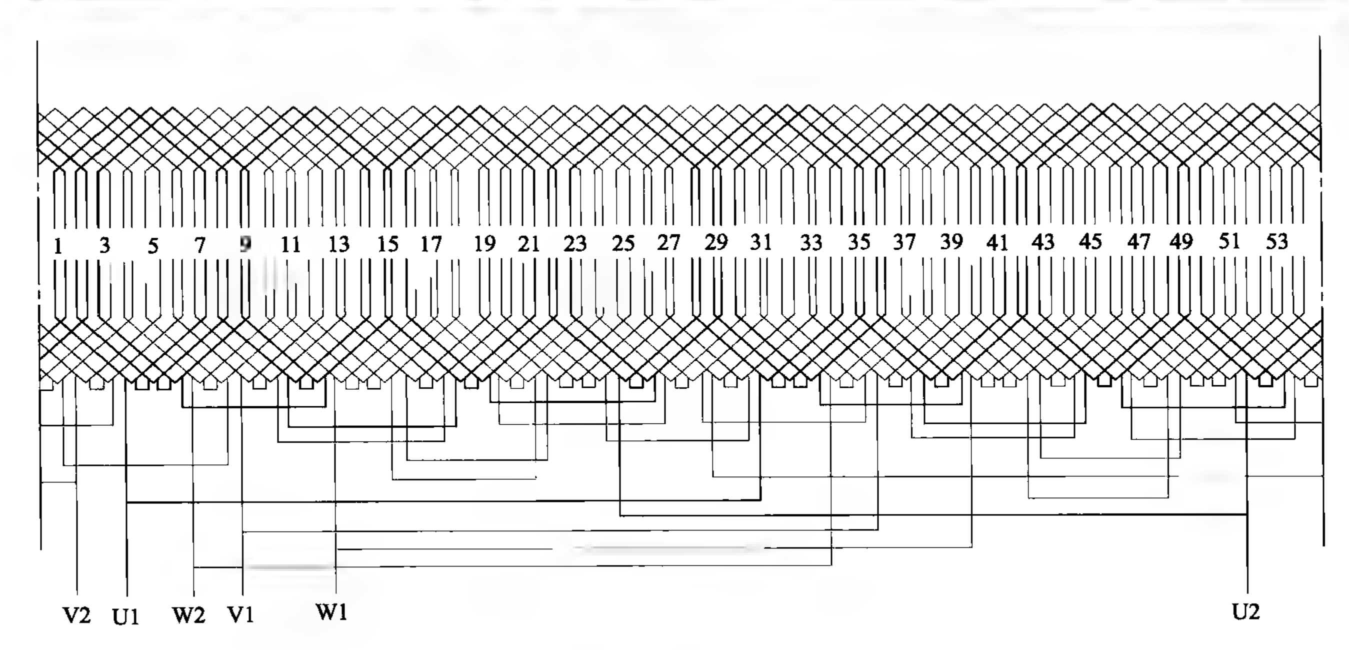


图 12-88（a）　三相双层叠绕组展开图

($2p=8$，$Z_1=54$，$a=2$，$y=1—7$)

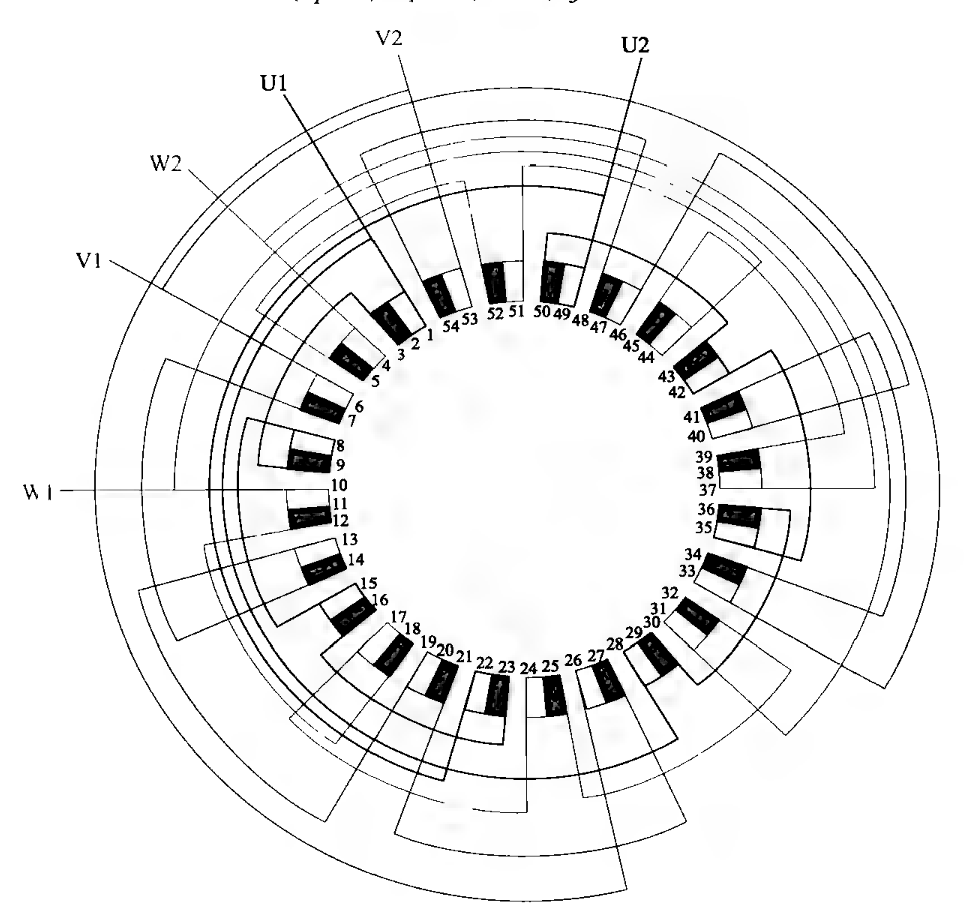


图 12-88（b）　三相双层叠绕组接线圆图

($2p=8$，$Z_1=54$，$a=2$，$y=1—7$)

12.89　三相 8 极 60 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-89）



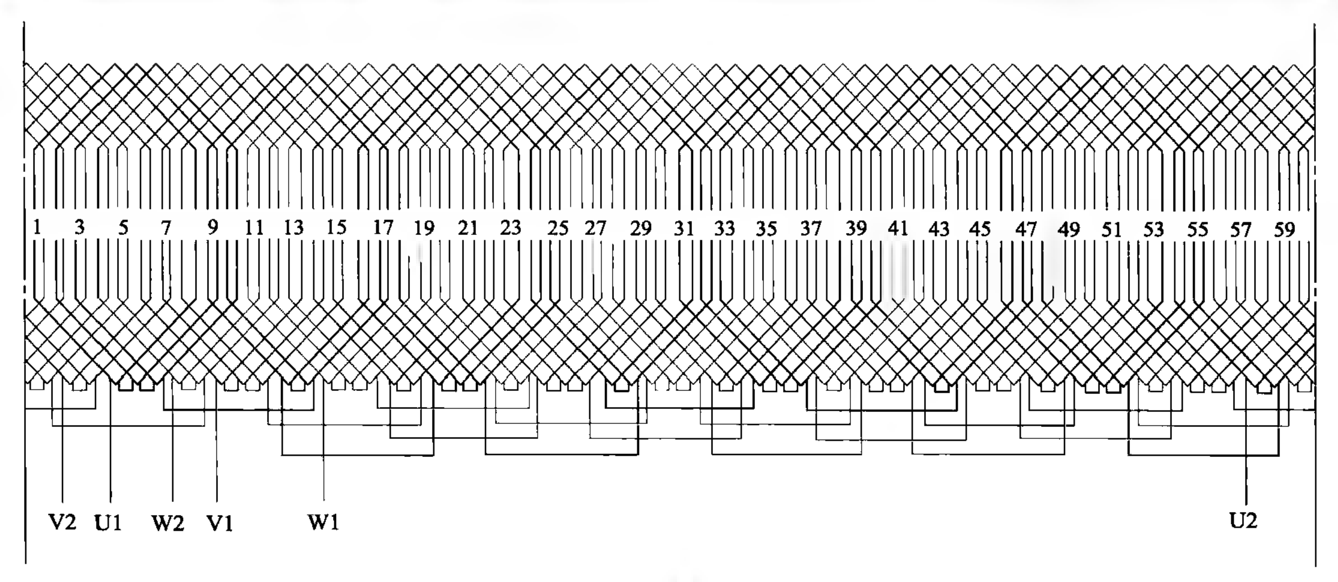


图 12-89（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=60$，$a=1$，$y=1—8$）

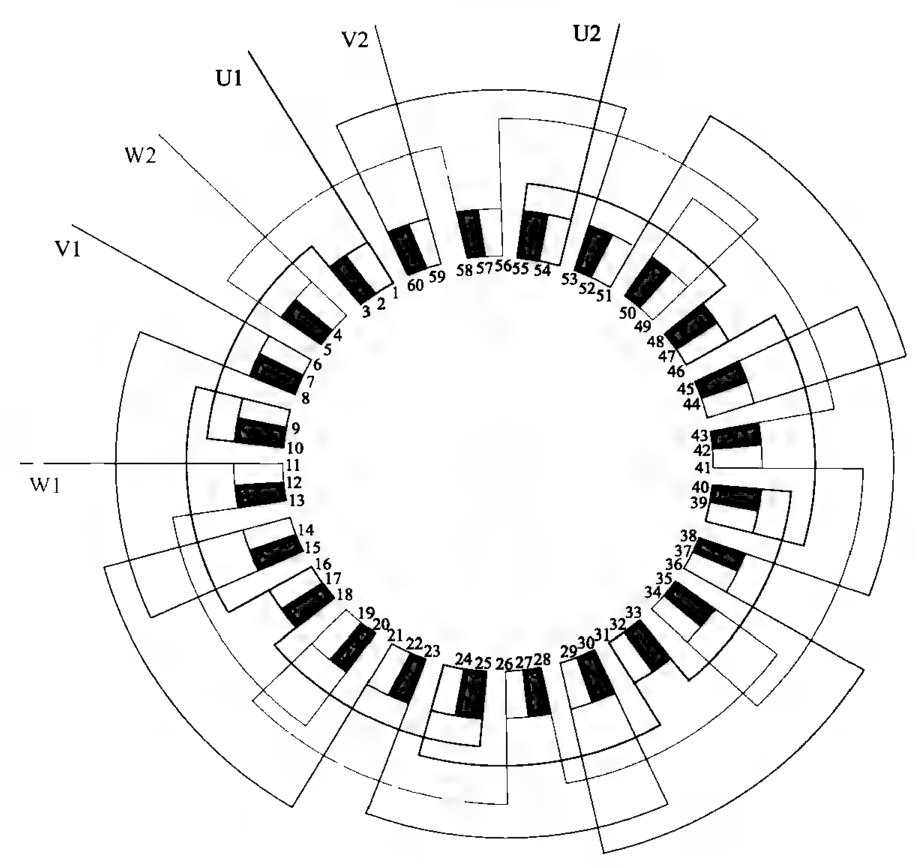
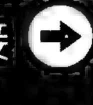


图 12-89（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=60$，$a=1$，$y=1-8$）

12.90　三相 8 极 60 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-90）



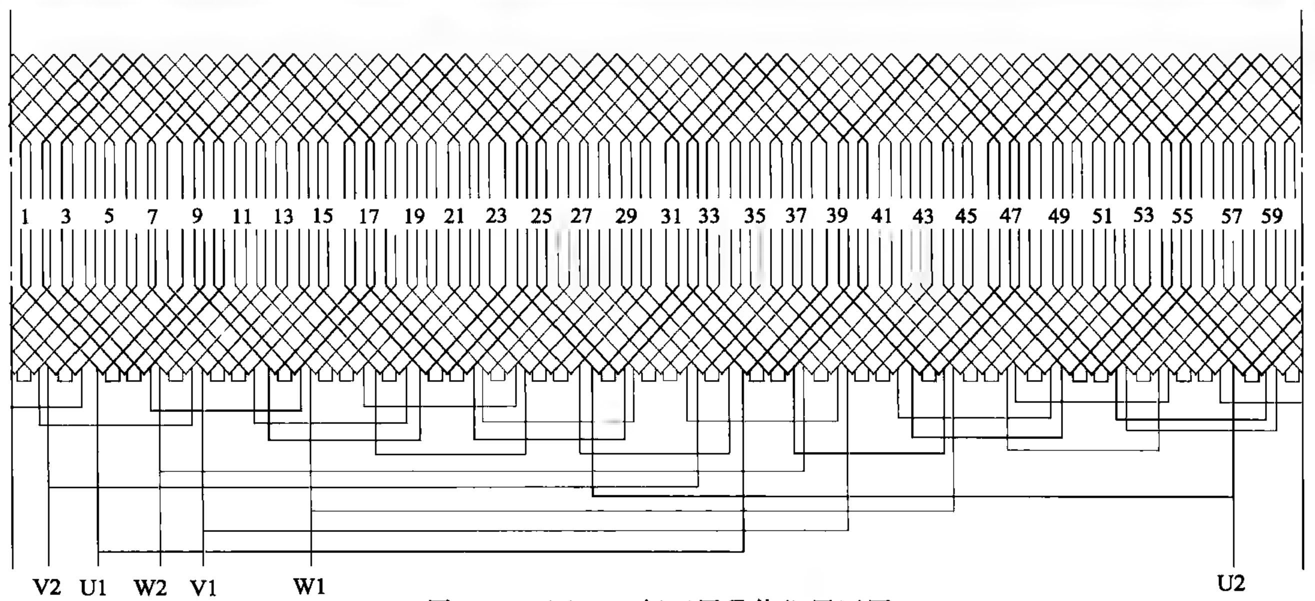


图 12-90（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=60$，$a=2$，$y=1—8$）

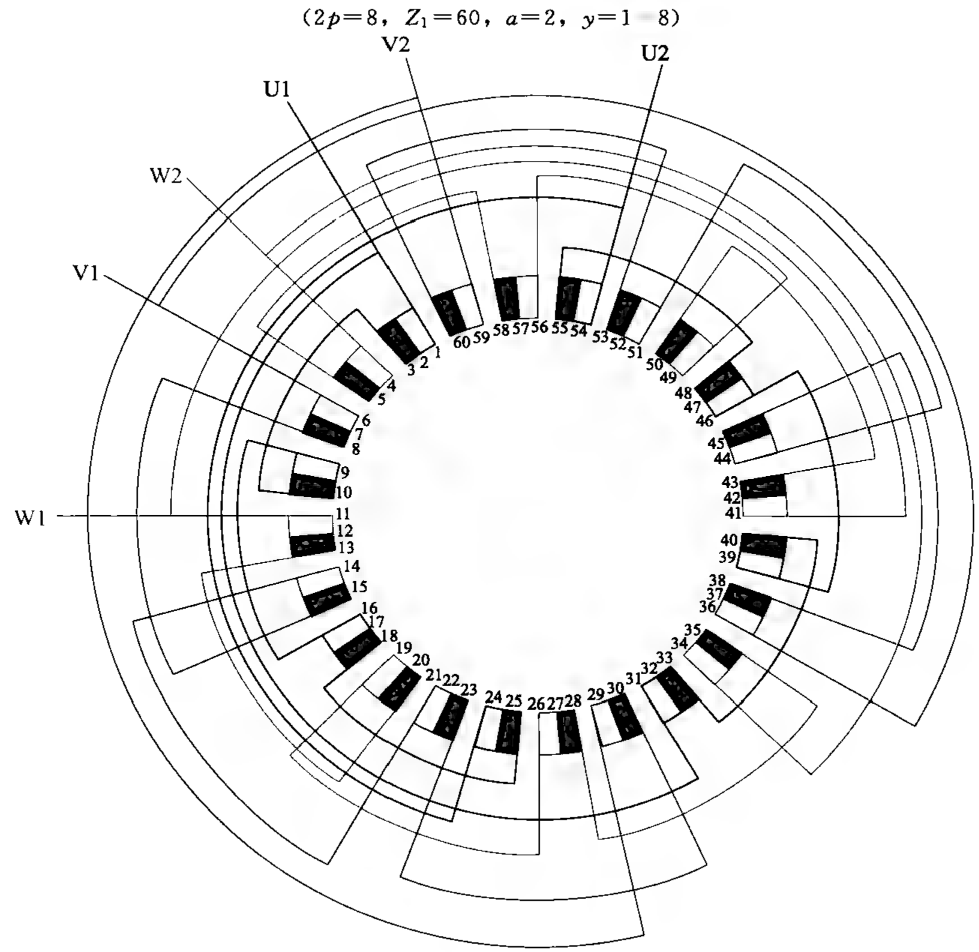


图 12-90（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=60$，$a=2$，$y=1—8$）

12.91　三相 8 极 60 槽双层叠绕组 4 路接法展开图与接线圆图（图 12-91）

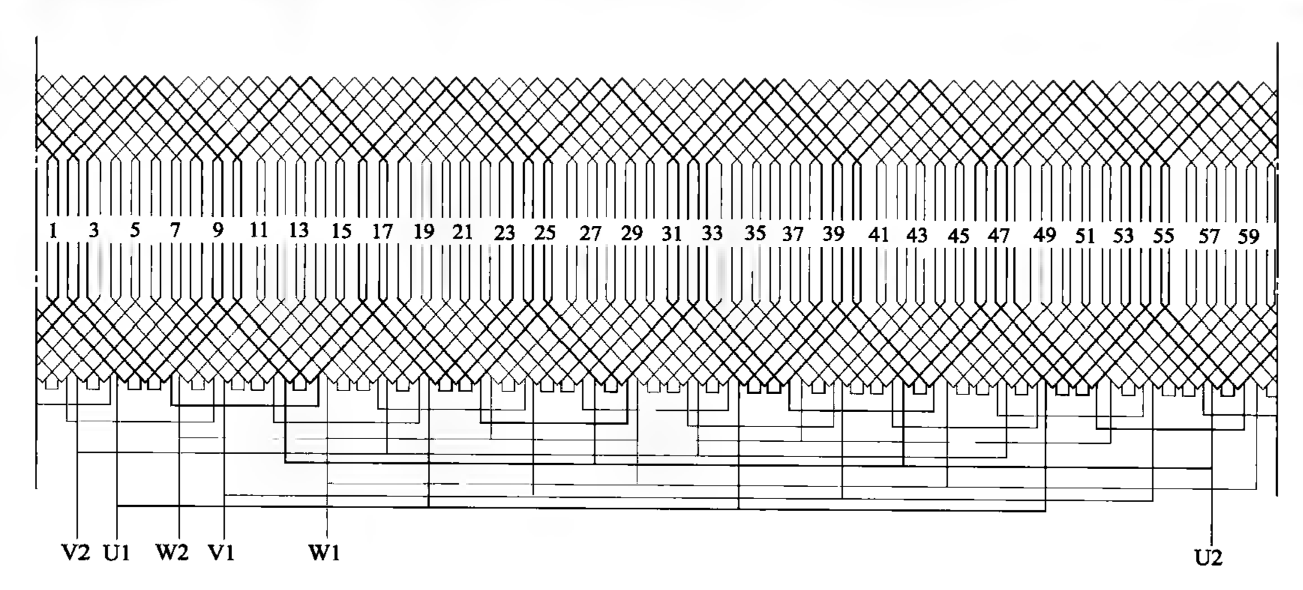


图 12-91（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=60$，$a=4$，$y=1$　8）

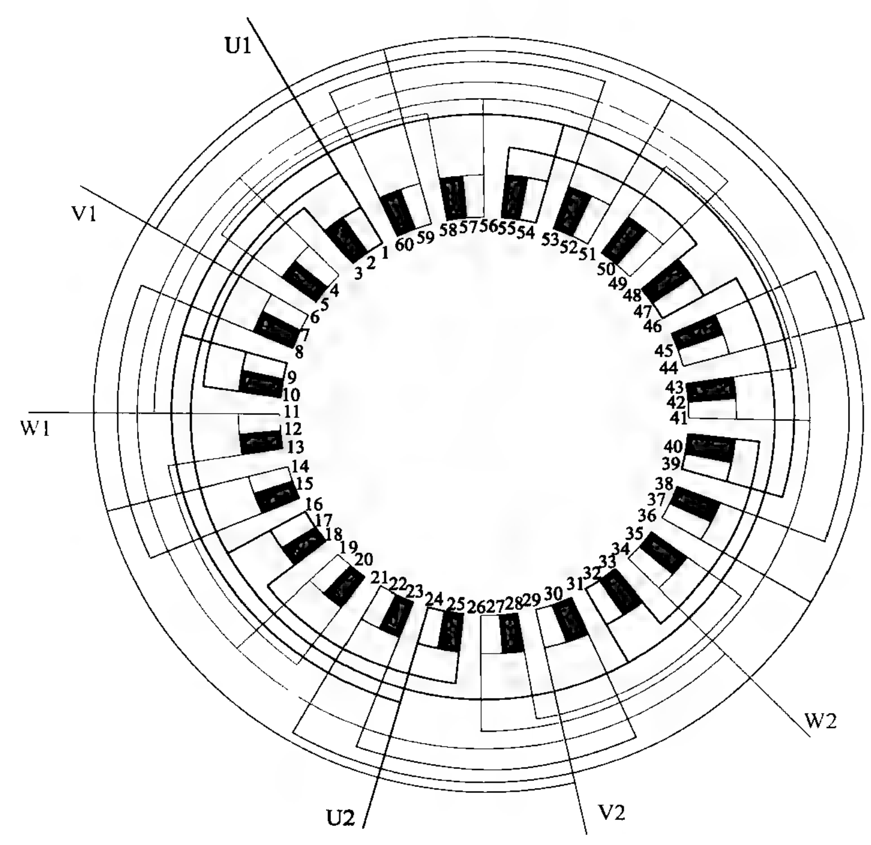


图 12-91（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=60$，$a=4$，$y=1—8$）

12.92　三相 8 极 72 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-92）

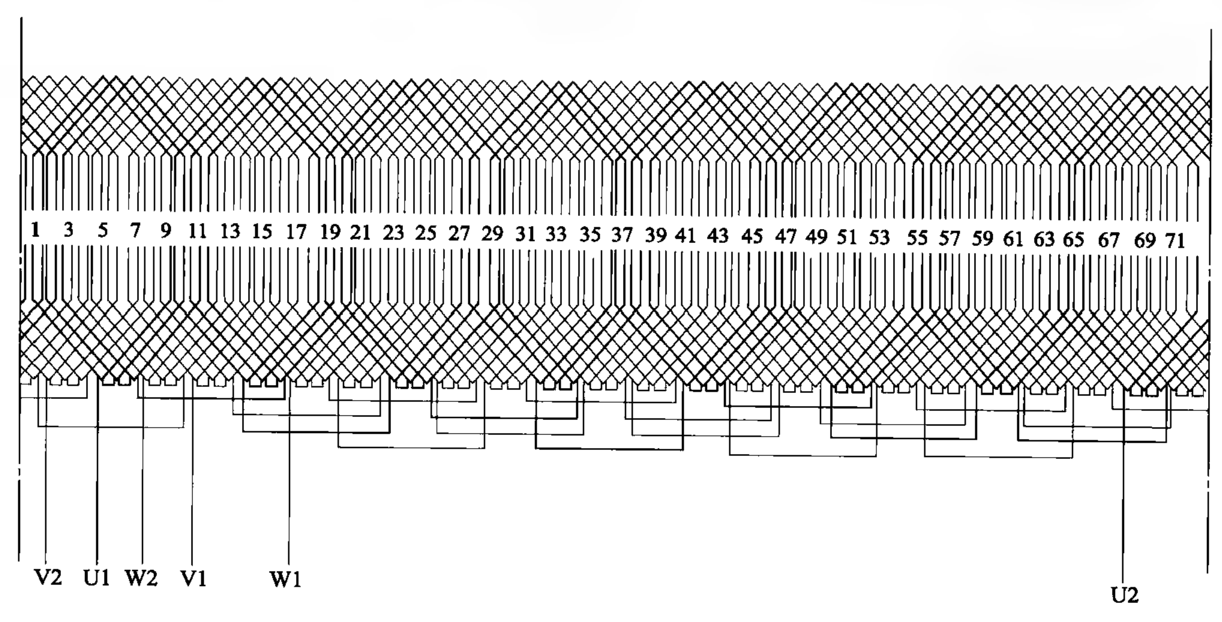


图 12-92（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=72$，$a=1$，$y=1$　9）

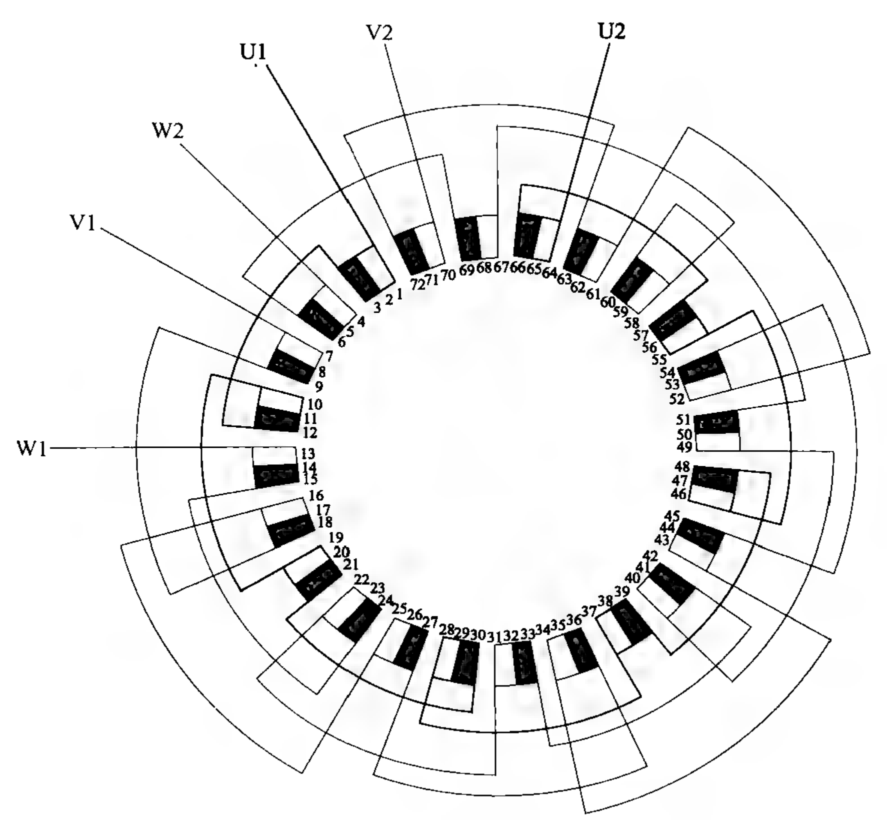


图 12-92（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=72$，$a=1$，$y=1$—9）

12.93　三相 8 极 72 槽双层叠绕组 2 路接法展开图与接线圆图（图 12-93）



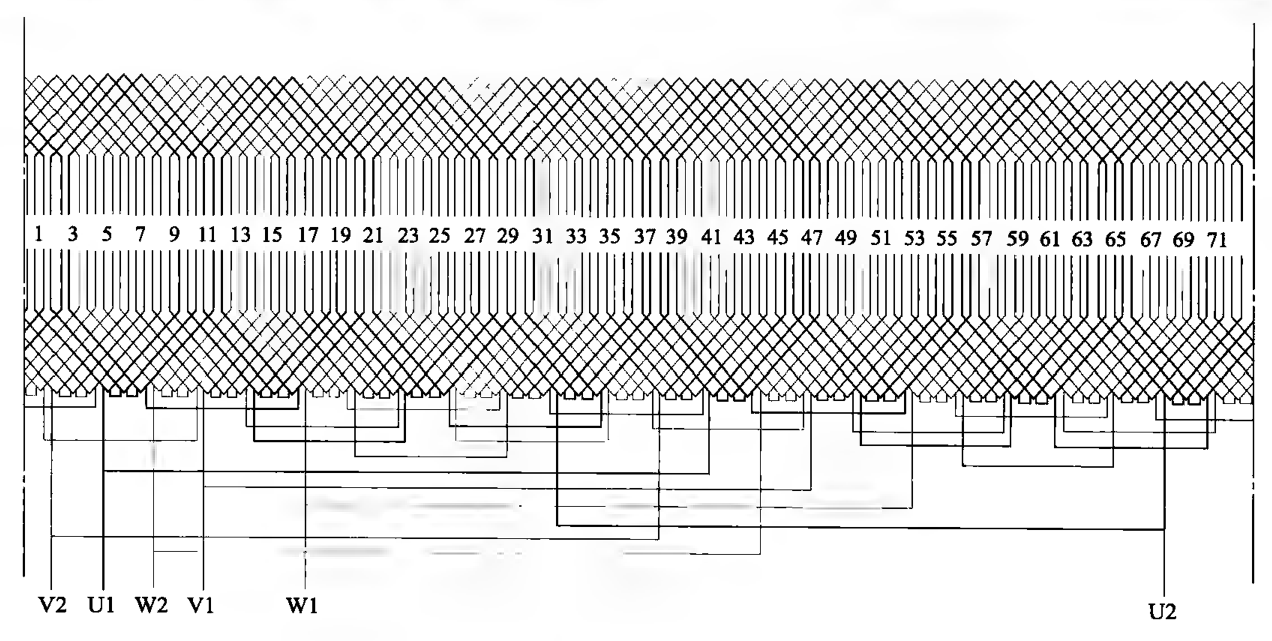


图 12-93（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=72$，$a=2$，$y=1-9$）

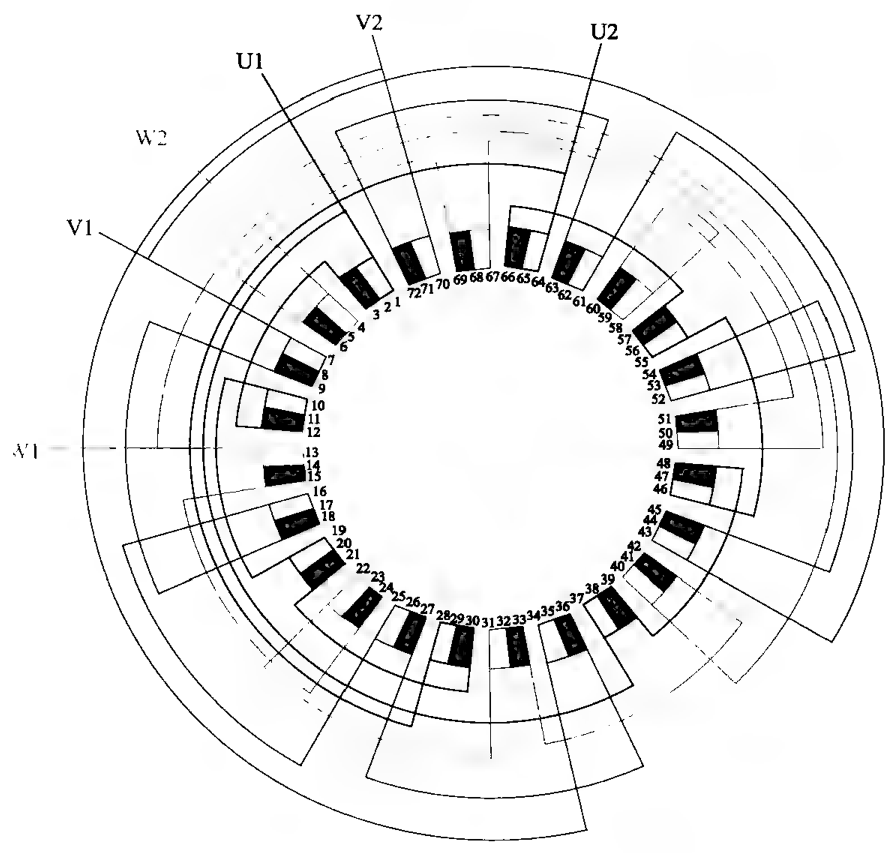


图 12-93（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=72$，$a=2$，$y=1-9$）

12.94　三相8极72槽双层叠绕组4路接法展开图与接线圆图（图12.94）

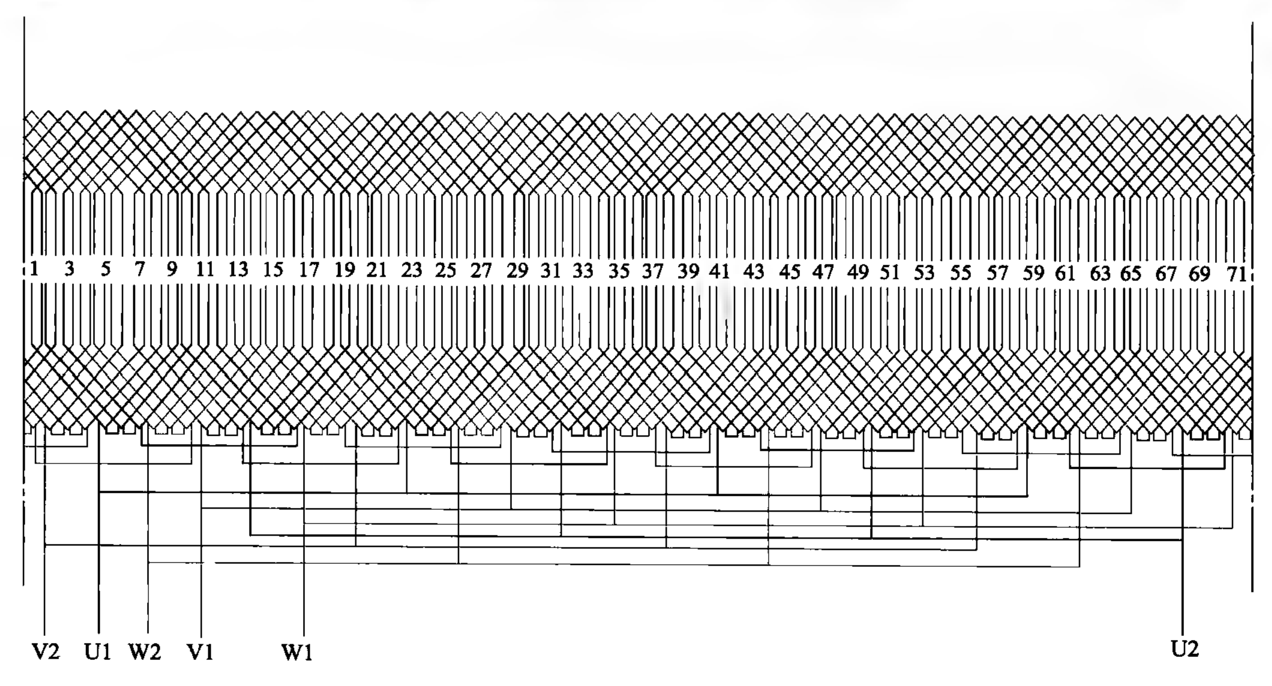


图12-94（a）三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=72$，$a=4$，$y=1—9$）

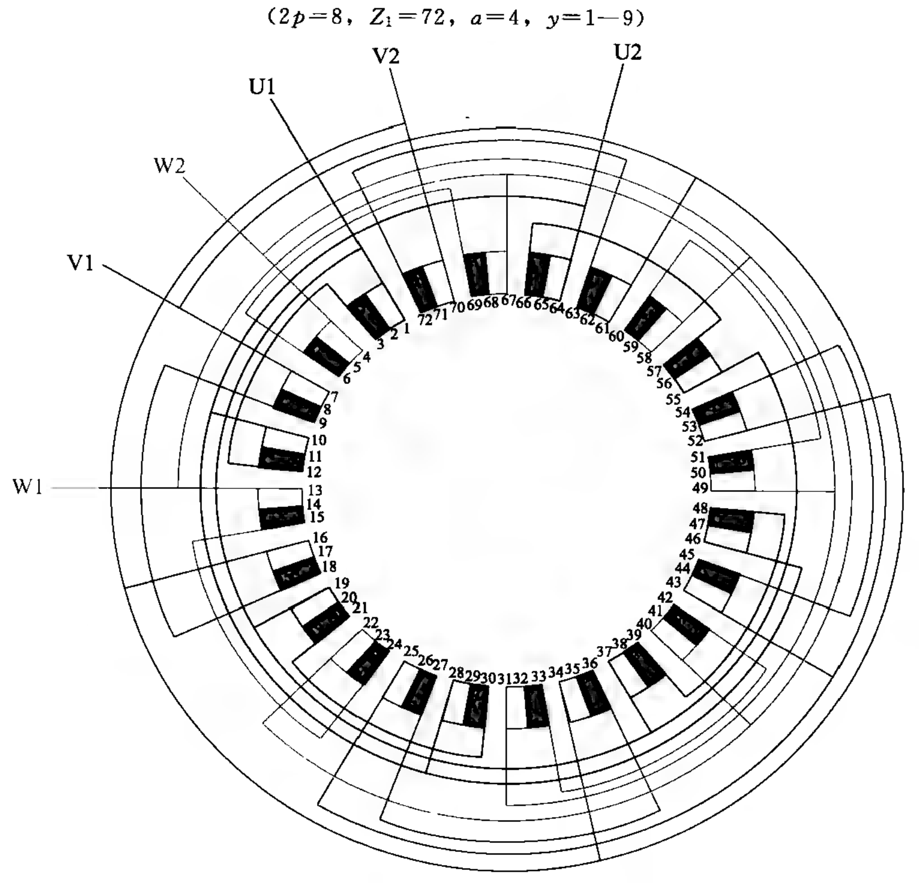


图12-94（b）三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=72$，$a=4$，$y=1—9$）

12.95 三相8极72槽双层叠绕组8路接法展开图与接线圆图（图12-95）

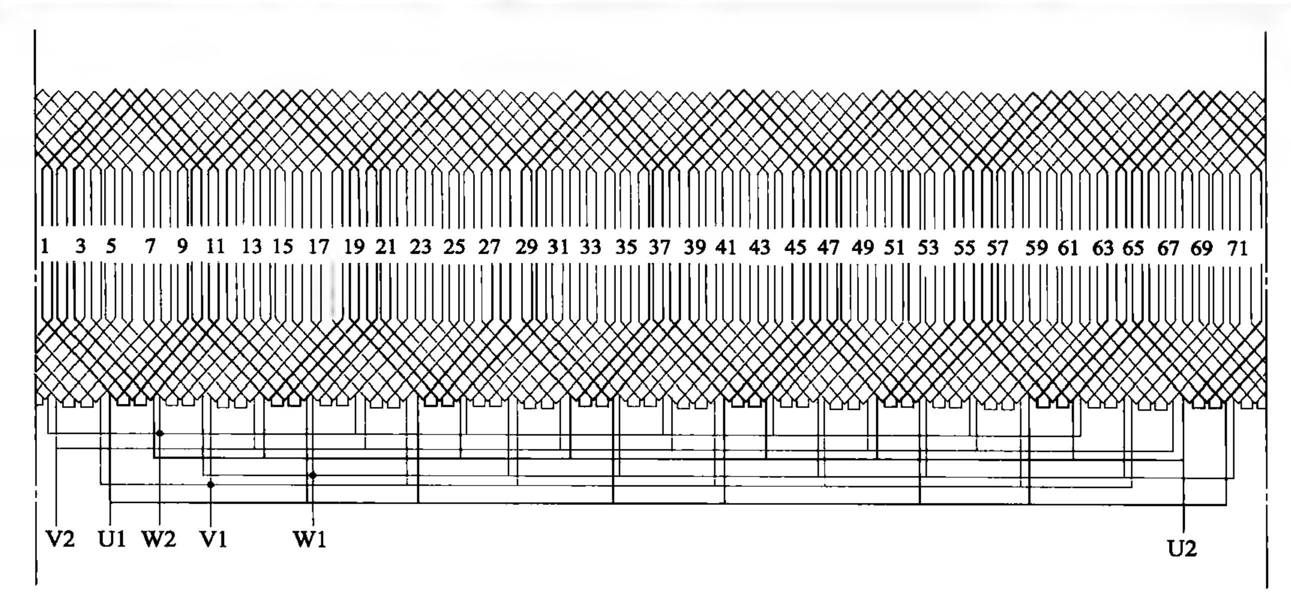


图12-95（a） 三相双层叠绕组展开图

（$2p=8$，$Z_1=72$，$a=8$，$y=1—9$）

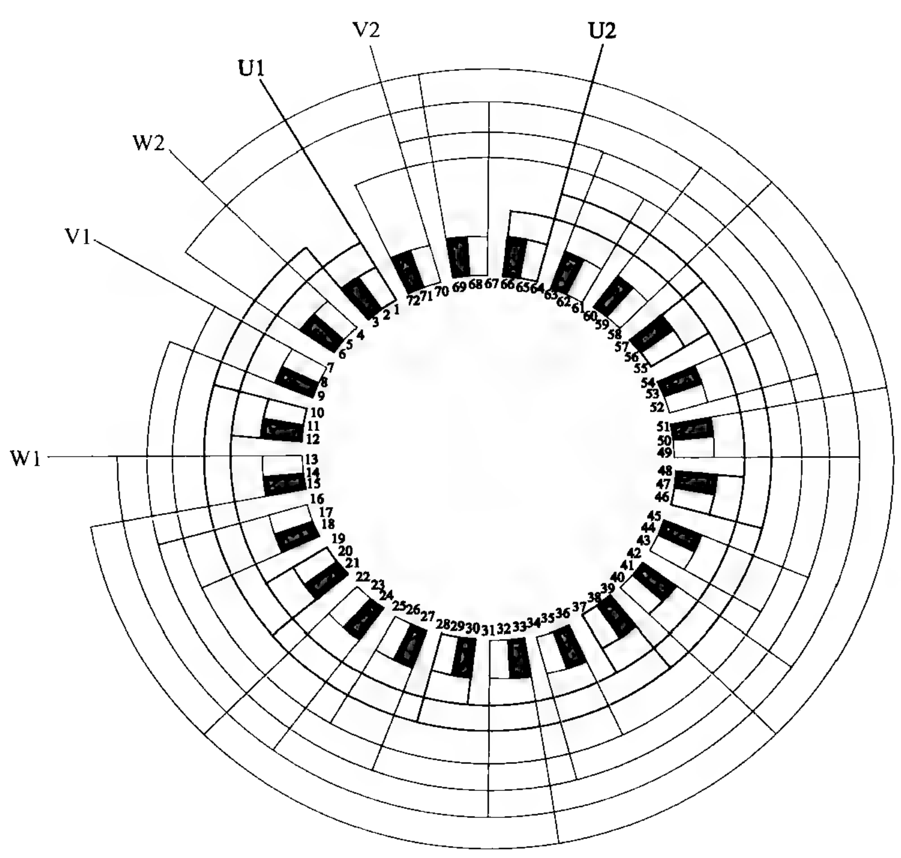


图12-95（b） 三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=8$，$Z_1=72$，$a=8$，$y=1—9$）

12.96　三相 10 极 60 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12-96）

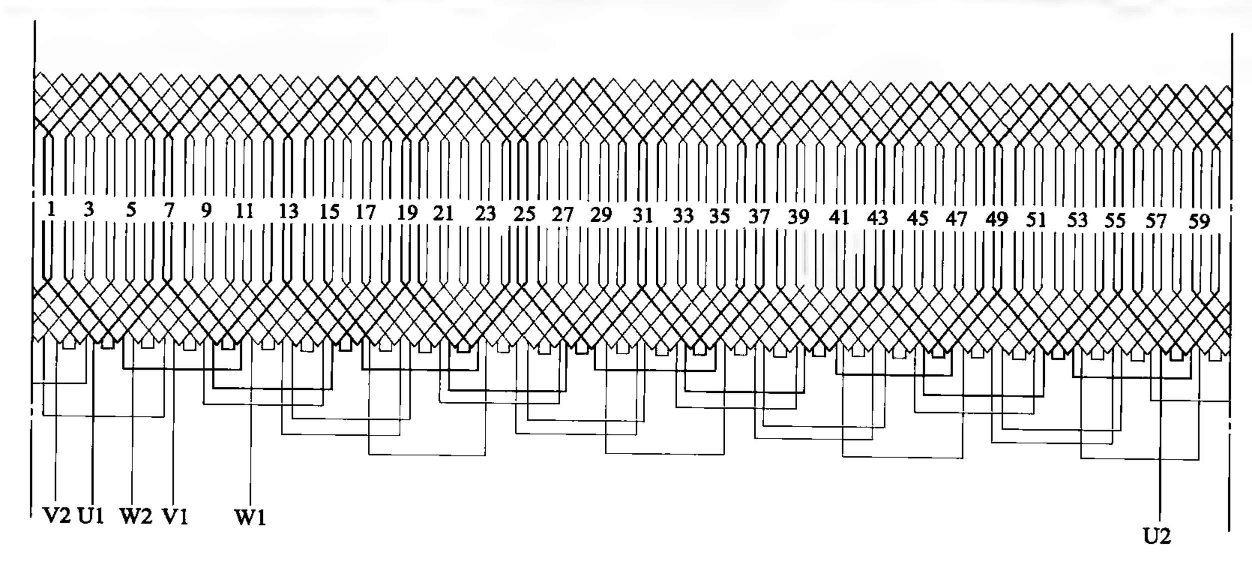


图 12-96（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=10$，$Z_1=60$，$a=1$，$y=1-6$）

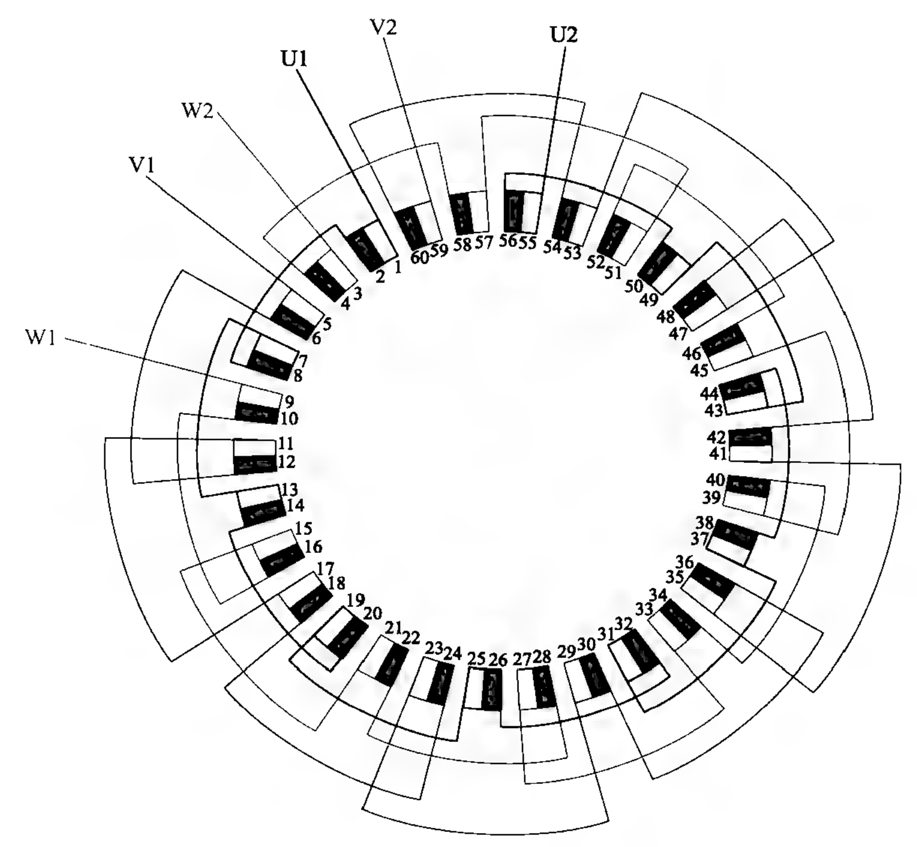


图 12-96（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=10$，$Z_1=60$，$a=1$，$y=1-6$）

12.97　三相10极60槽双层叠绕组2路接法展开图与接线圆图（图12.97）

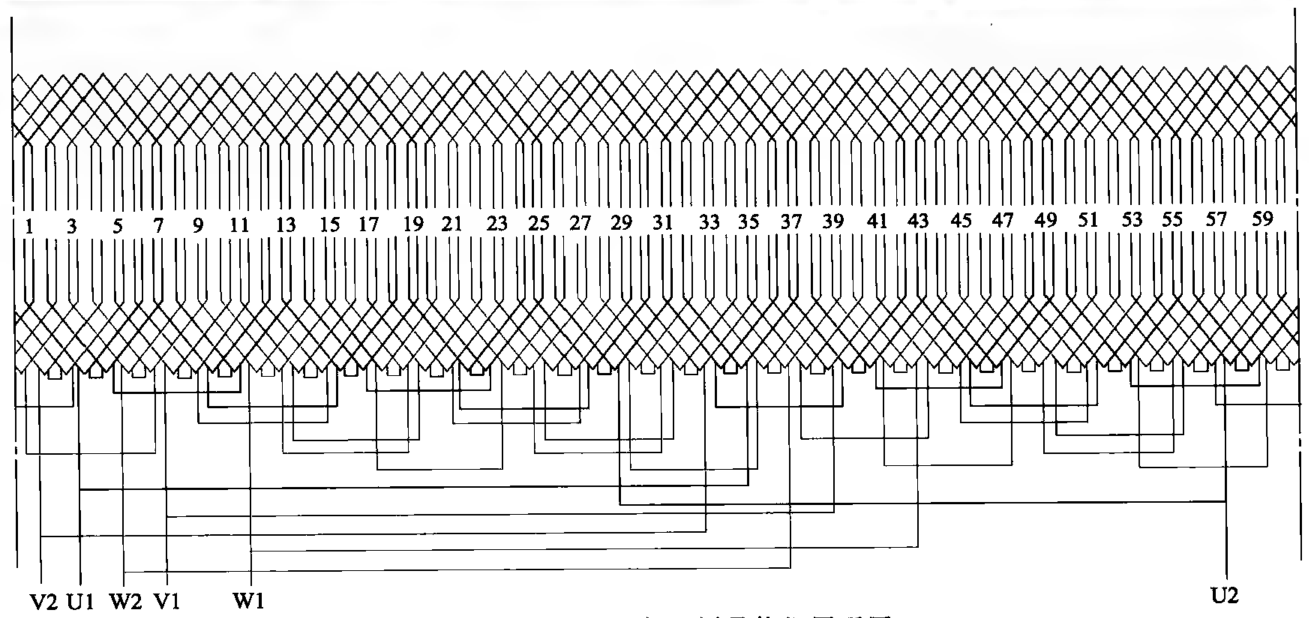


图 12-97（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=10$，$Z_1=60$，$a=2$，$y=1-6$）

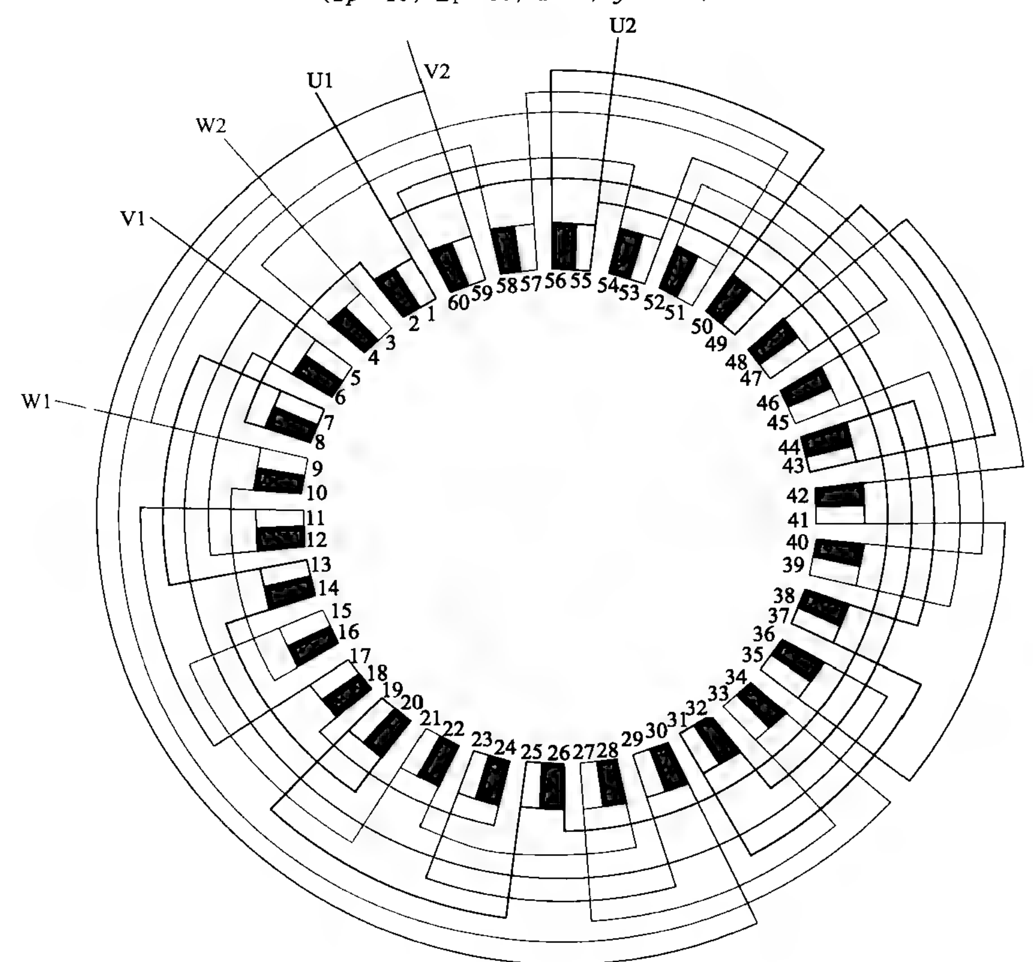


图 12-97（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=10$，$Z_1=60$，$a=2$，$y=1-6$）

12.98　三相 10 极 60 槽双层叠绕组 5 路接法展开图与接线圆图（图 12-98）

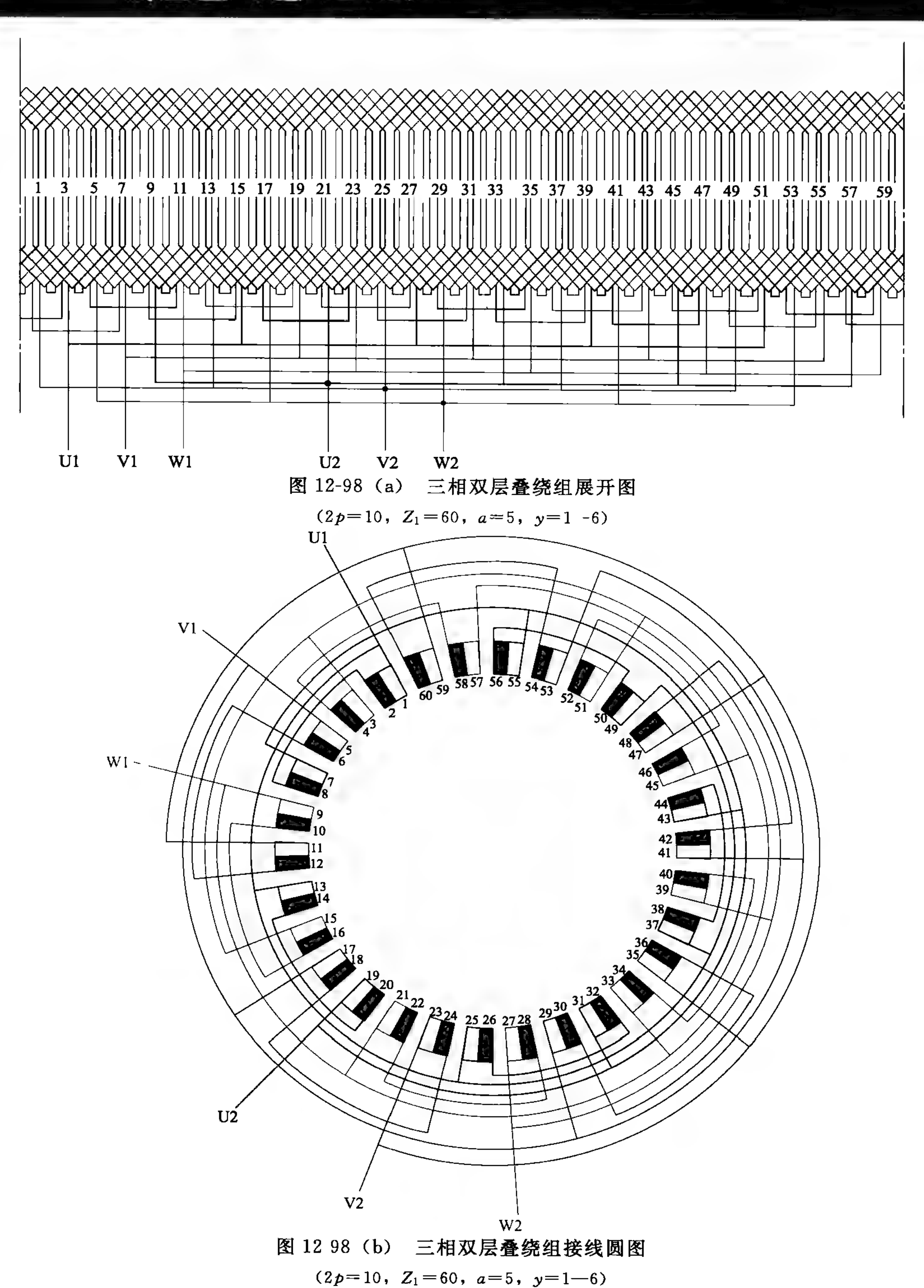


图 12-98（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=10$，$Z_1=60$，$a=5$，$y=1-6$）

图 12-98（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=10$，$Z_1=60$，$a=5$，$y=1—6$）

12.99　三相 10 极 60 槽双层叠绕组 10 路接法展开图与接线圆图（图 12-99）

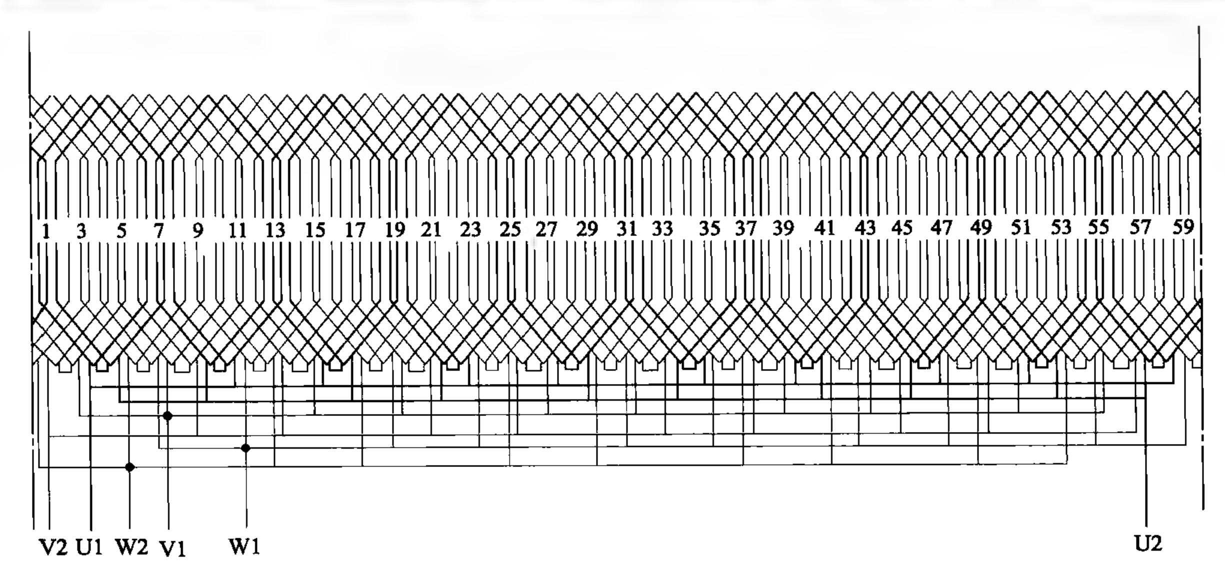


图 12-99（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=10$，$Z_1=60$，$a=10$，$y=1-6$）

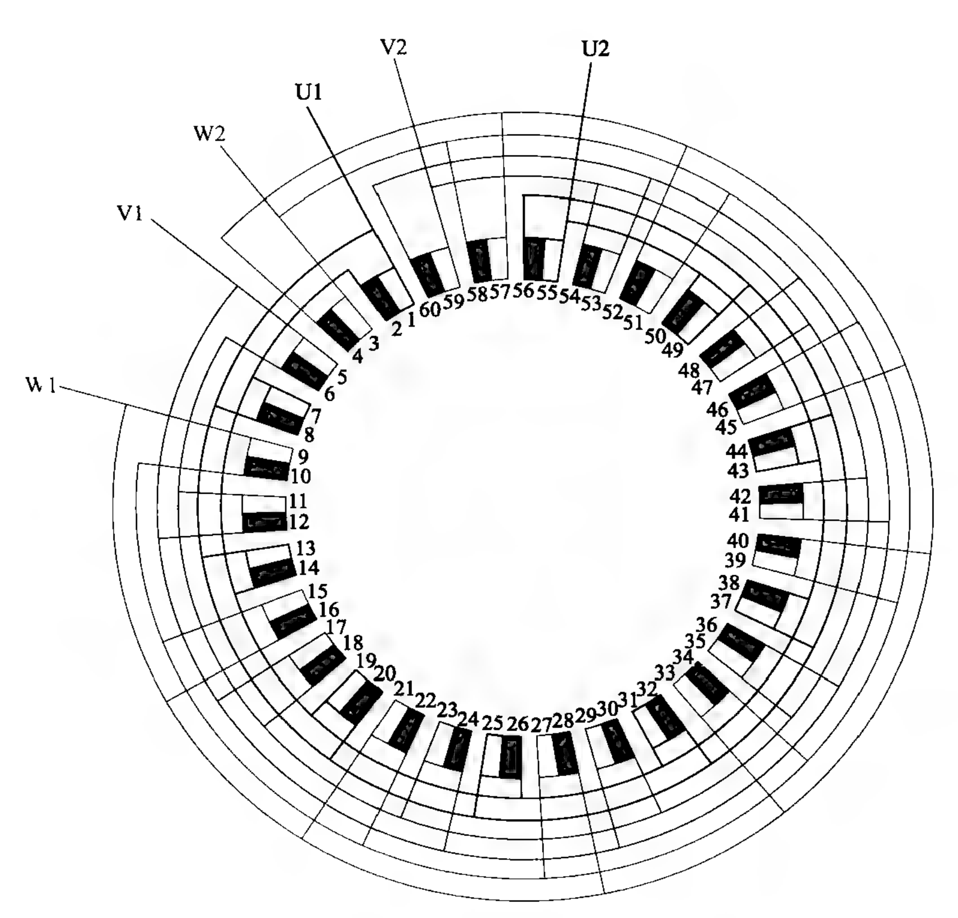


图 12-99（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=10$，$Z_1=60$，$a=10$，$y=1-6$）

12.100　三相 10 极 72 槽双层叠绕组 1 路接法展开图与接线圆图（图 12 100）

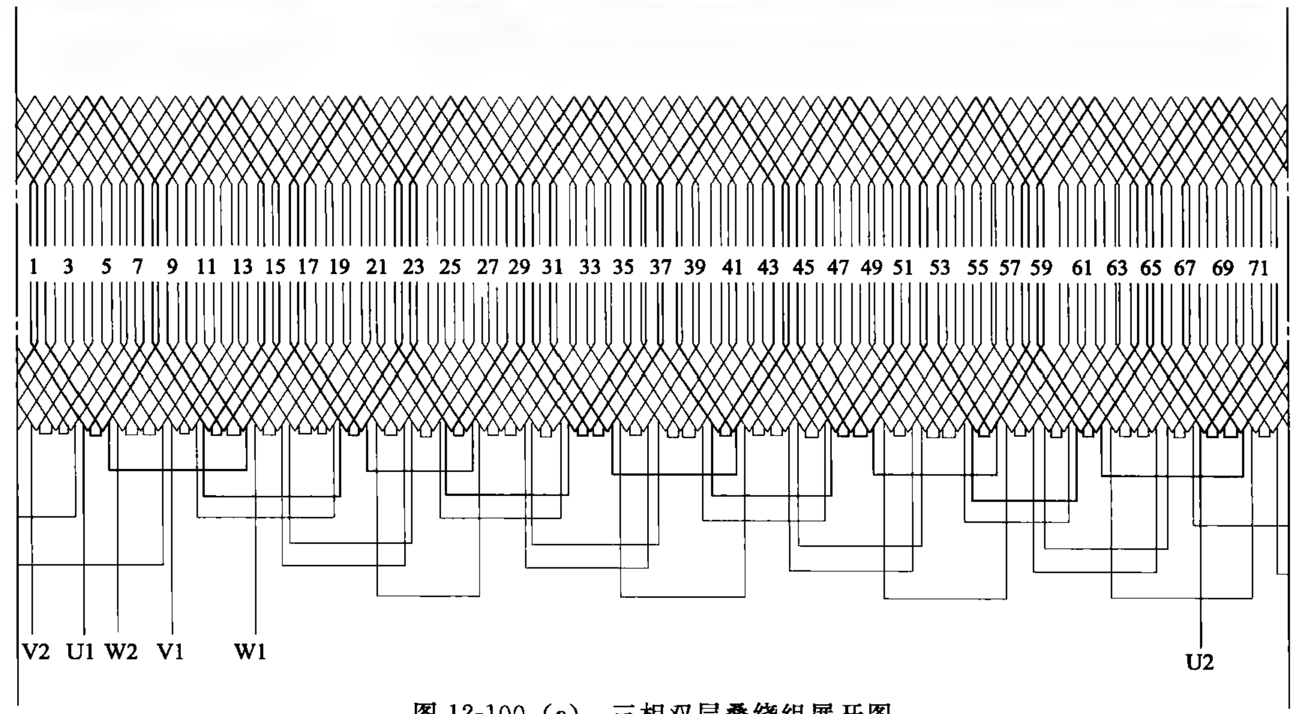


图 12-100（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=10$，$Z_1=72$，$a=1$，$y=1$　7）

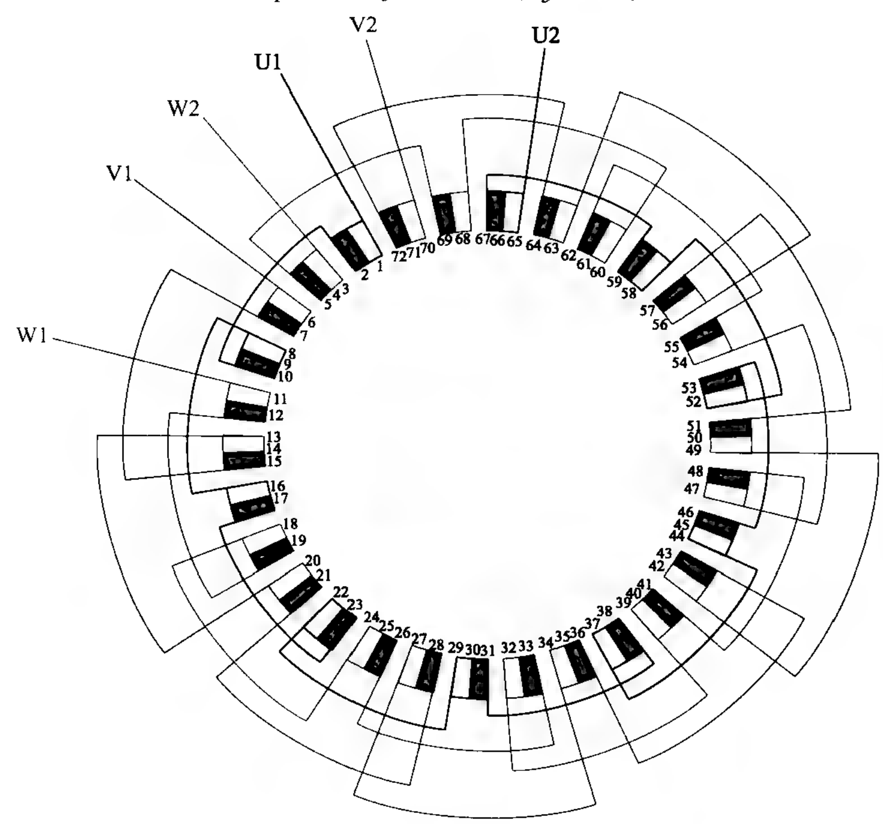


图 12-100（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=10$，$Z_1=72$，$a=1$，$y=1$—7）

12.101　三相10极72槽双层叠绕组2路接法展开图与接线圆图（图12-101）

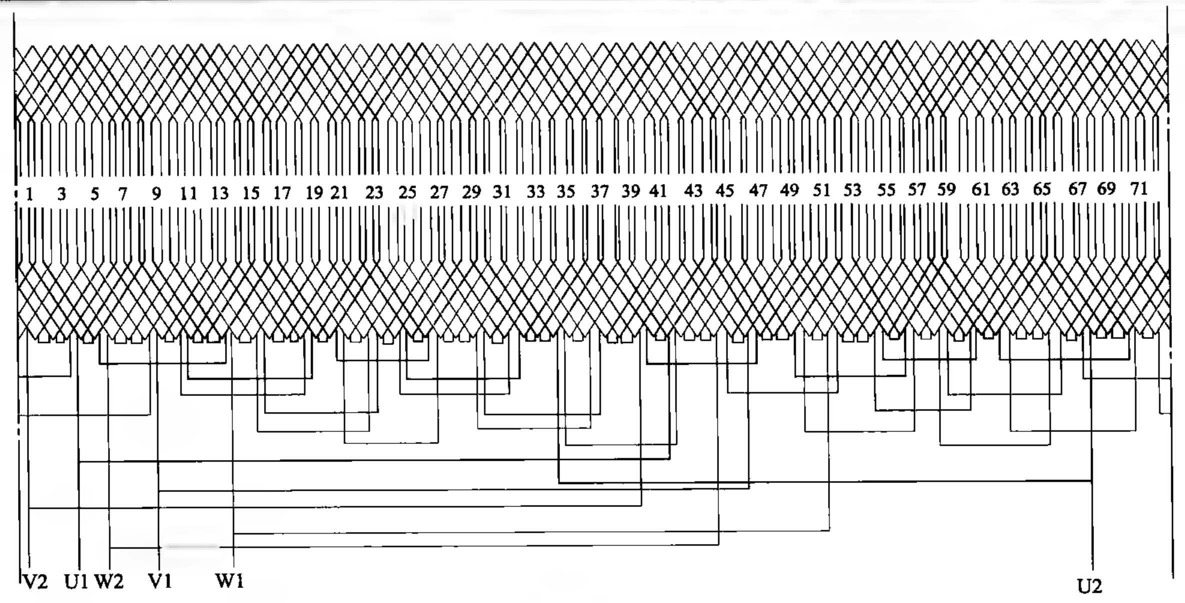


图12-101（a）　三相双层叠绕组展开图

（$2p=10$，$Z_1=72$，$a=2$，$y=1—7$）

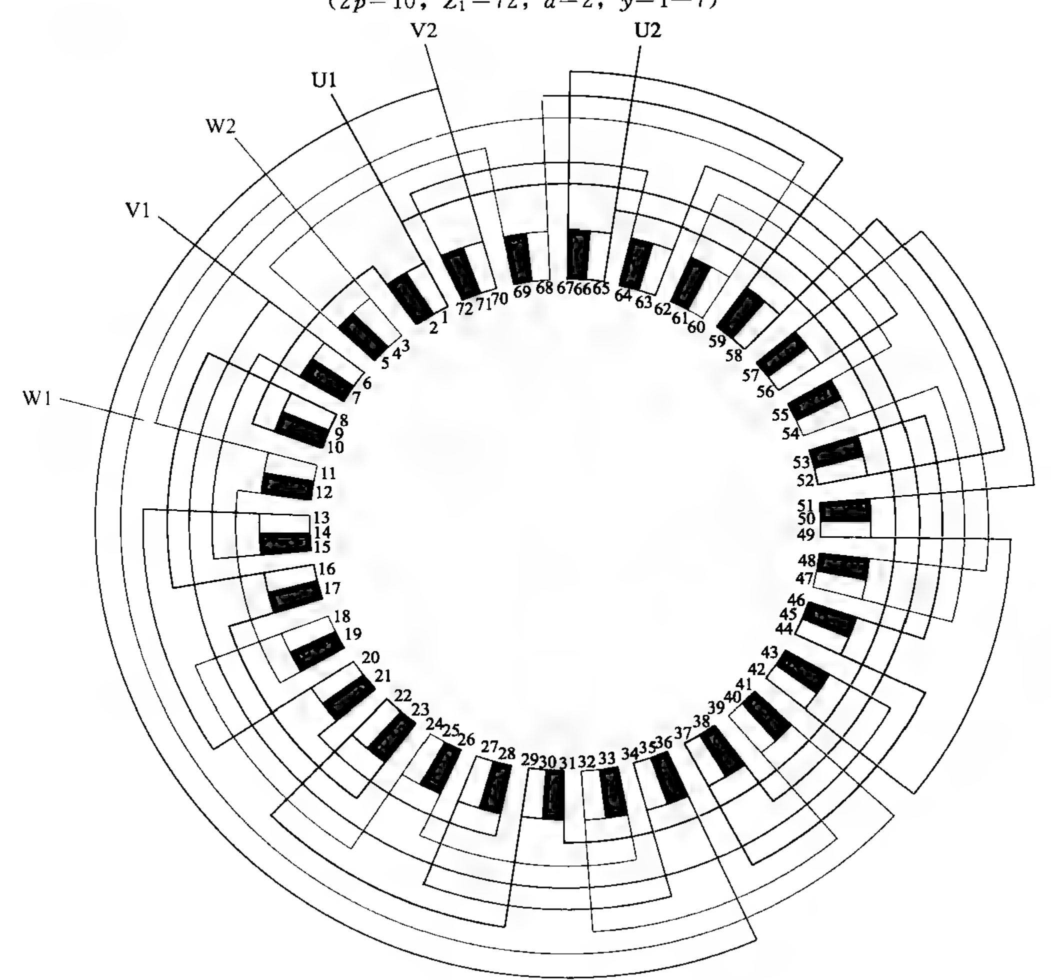
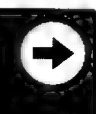


图12-101（b）　三相双层叠绕组接线圆图

（$2p=10$，$Z_1=72$，$a=2$，$y=1—7$）

第13章 变极多速三相异步电机定子绕组展开图、接线圆图与接线简图



13.1 24槽4/2极、△/2Y接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图13-1）

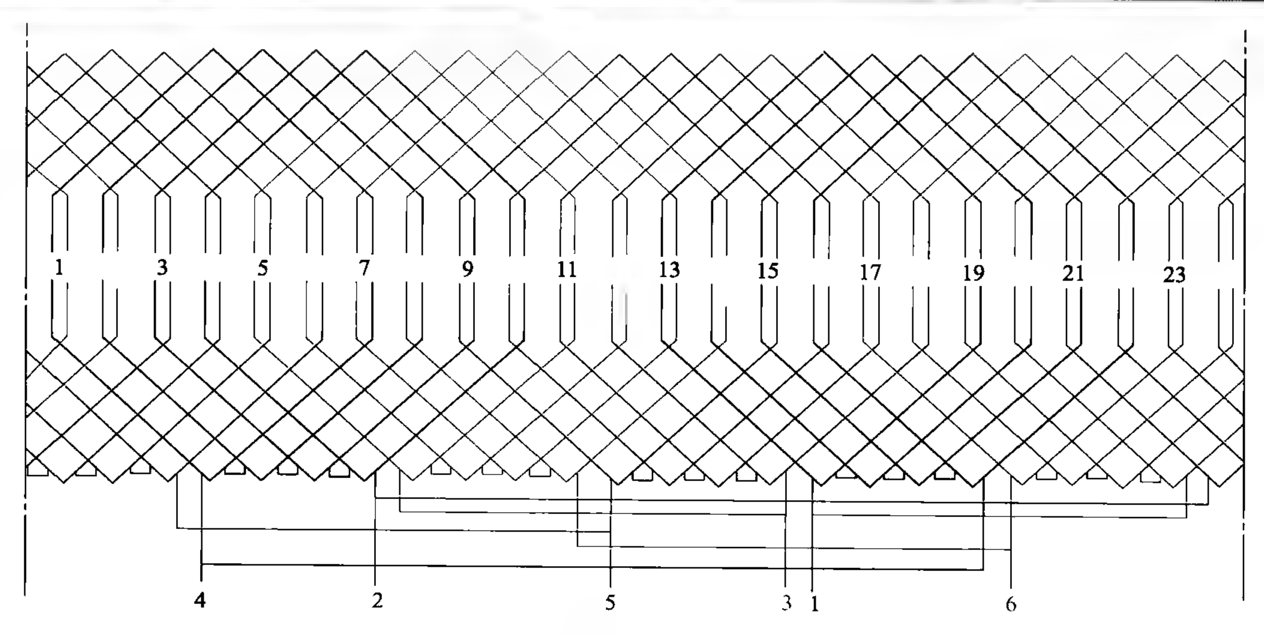


图13-1（a） 绕组展开图

（Z_1—24，4/2极，△/2Y，y=1—7）

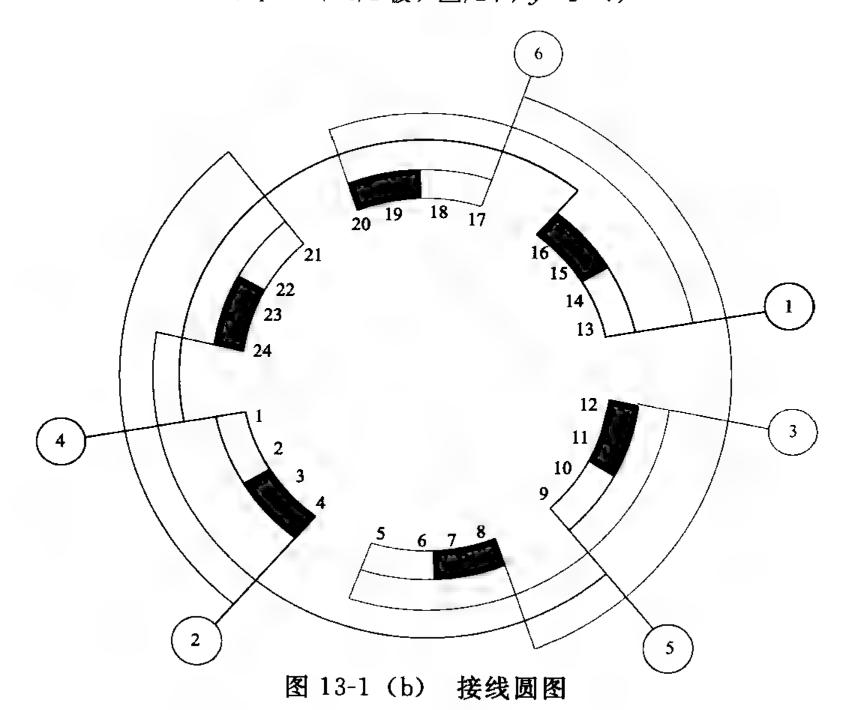


图13-1（b） 接线圆图

（Z_1=24，4/2极，△/2Y，y=1—7）

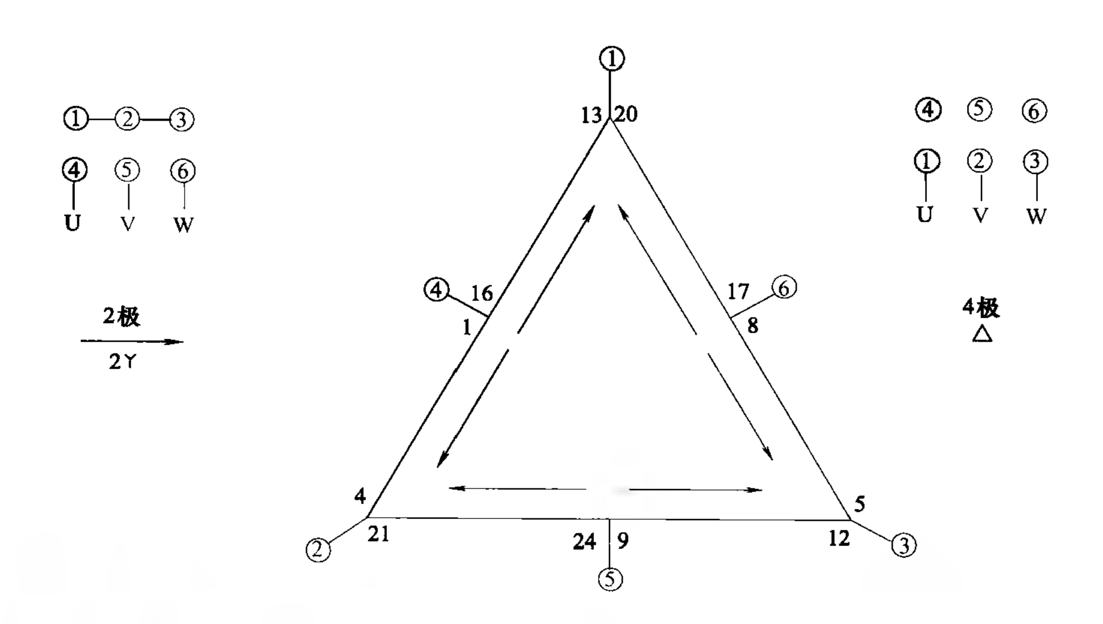


图 13-1（c）　接线简图

（Z_1=24，4/2 极，△/2Y，y=1—7）

13.2　24 槽 4/2 极、2Y/2Y接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-2）

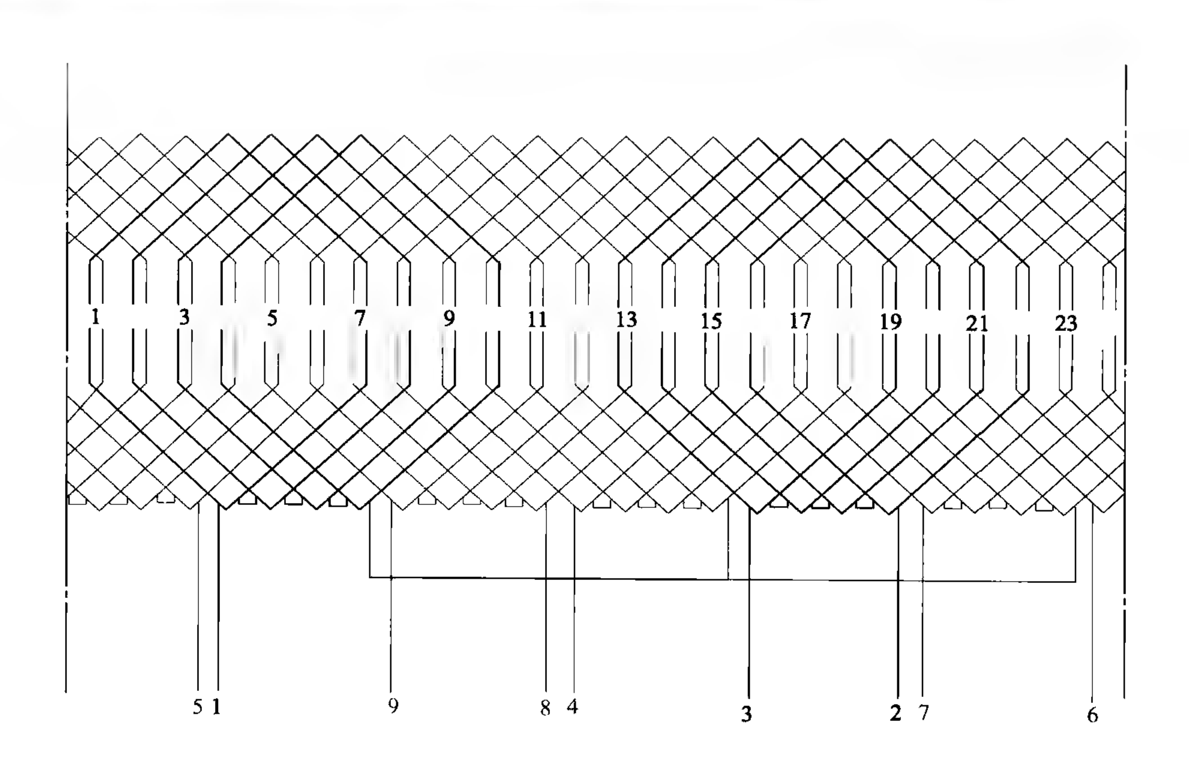


图 13-2（a）　绕组展开图

（Z_1=24，4/2 极，2Y/2Y，y=1—7）

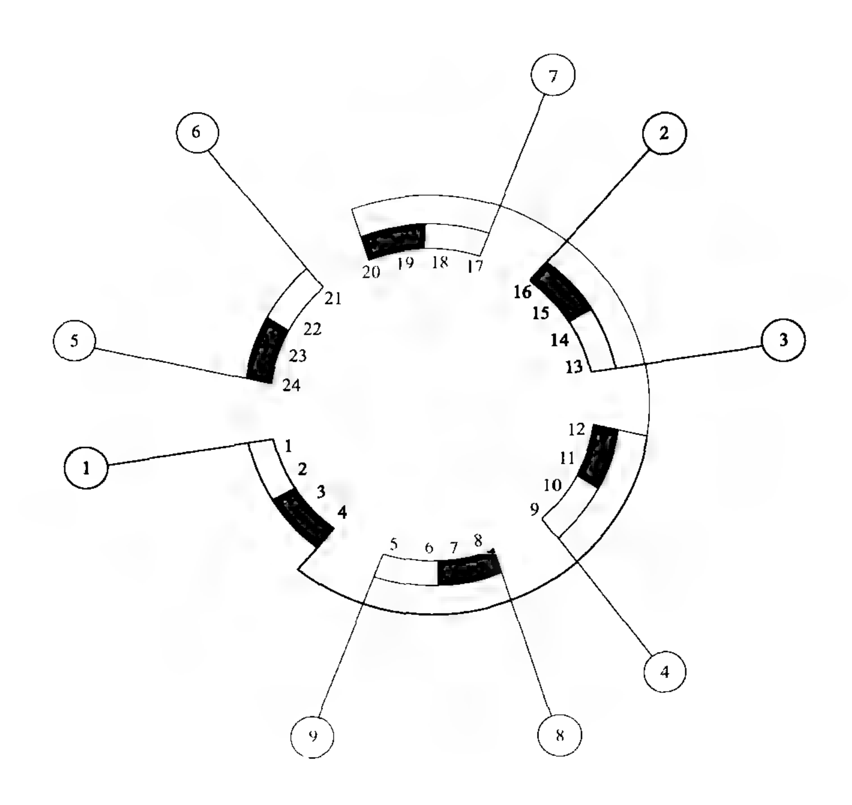


图 13-2（b）　接线圆图

（Z_1=24，4/2 极，2Y/2Y，y=1—7）

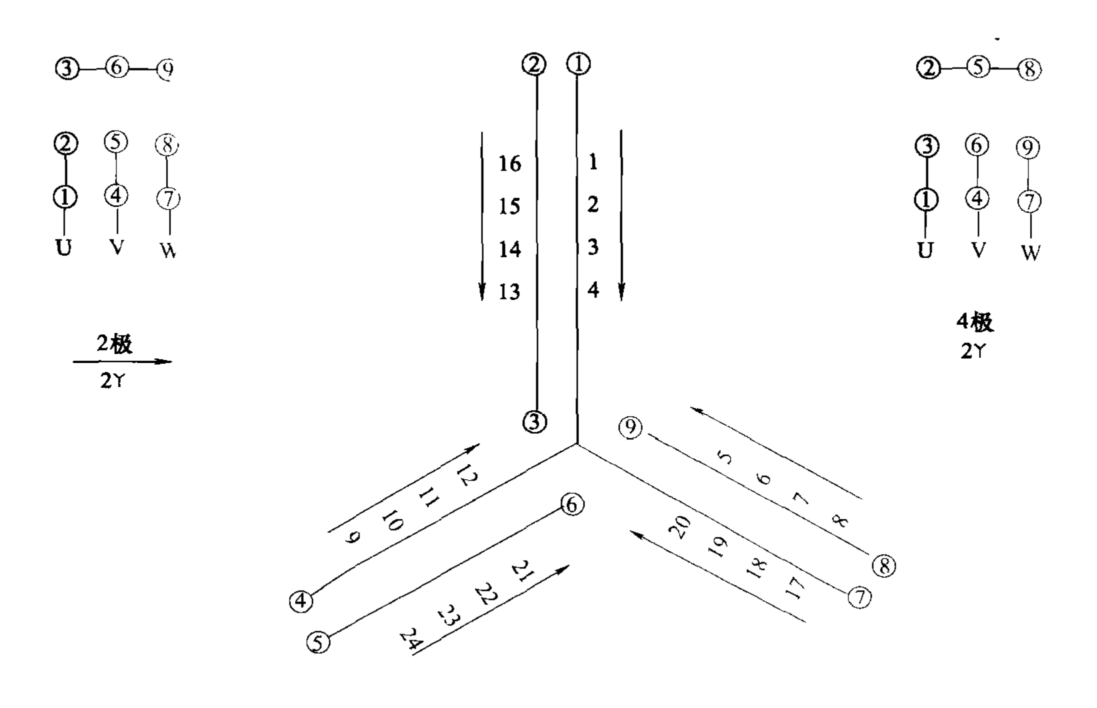


图 13-2（c）　接线简图

（Z_1=24，4/2 极，2Y/2Y，y=1 -7）

13.3　36 槽 4/2 极、△/2Y接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-3）



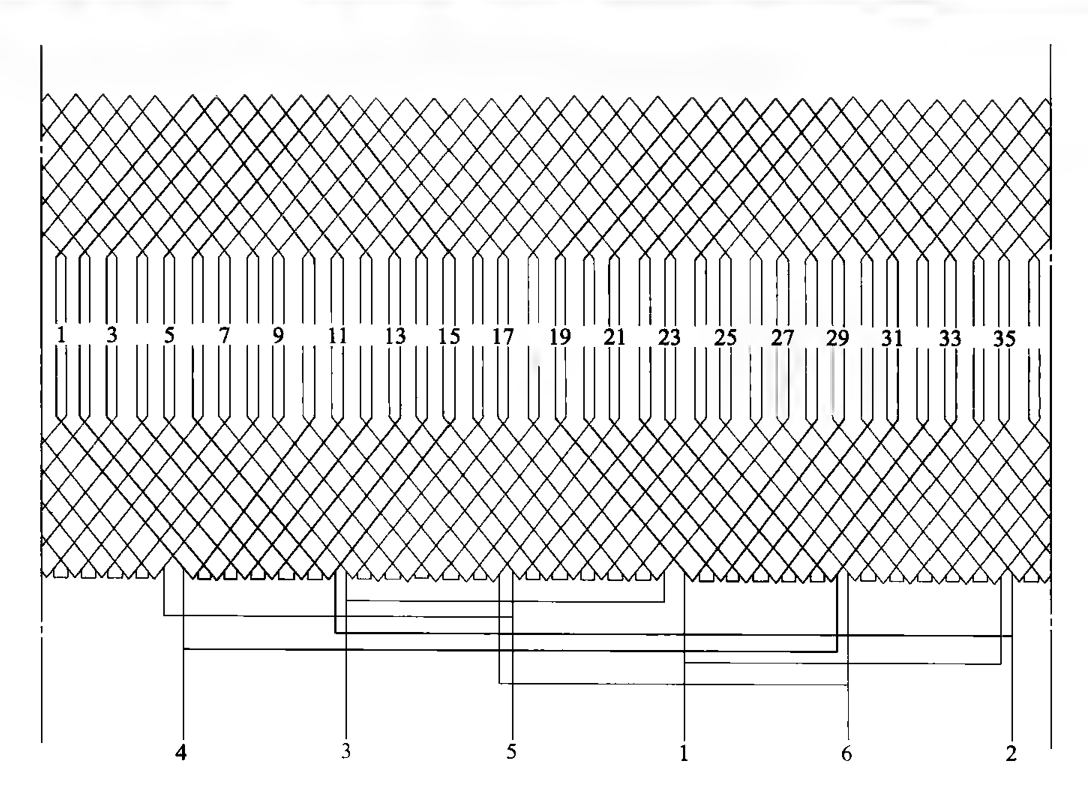


图 13-3（a）　绕组展开图

（$Z_1=36$，4/2 极，△/2Y，$y=1—10$）

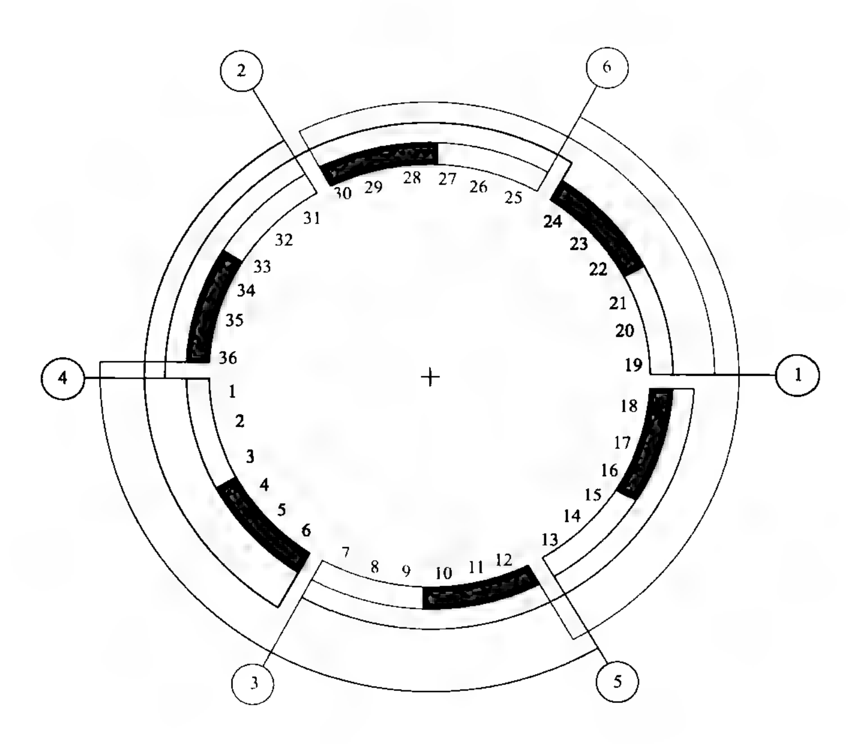


图 13-3（b）　接线圆图

（$Z_1=36$，4/2 极，△/2Y，$y=1$　10）

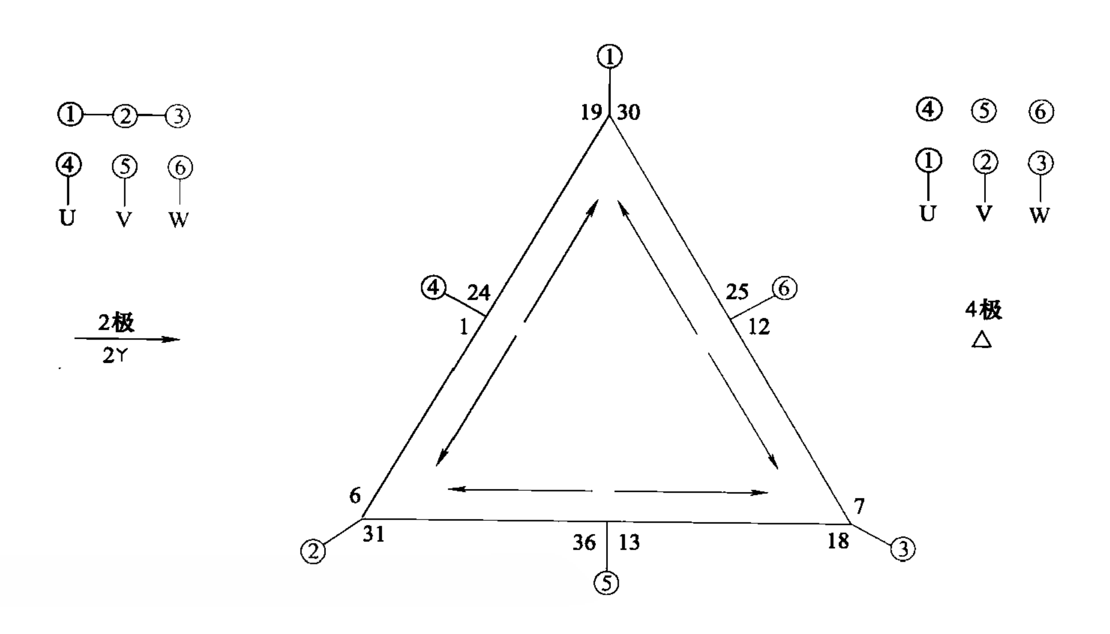


图 13-3（c）　接线简图

（Z_1=36，4/2 极，△/2Y，y=1—10）

13.4　48 槽 4/2 极、△/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-4）



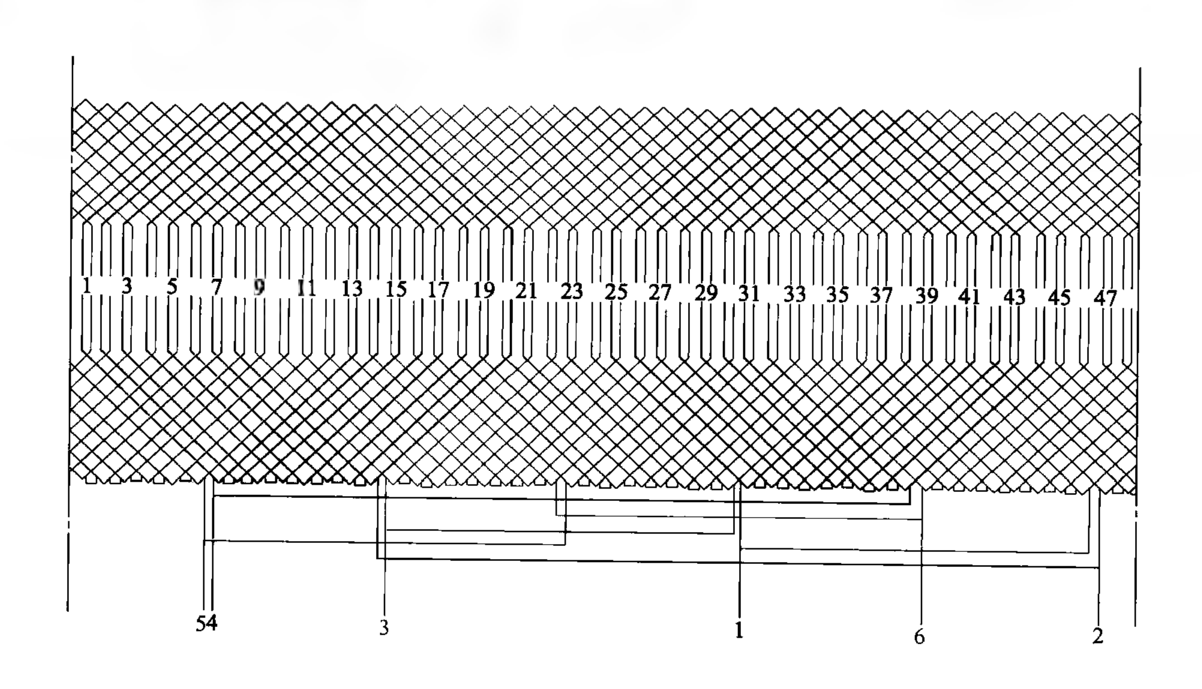


图 13-4（a）　绕组展开图

（Z_1=48，4/2 极，△/2Y，y=1—13）

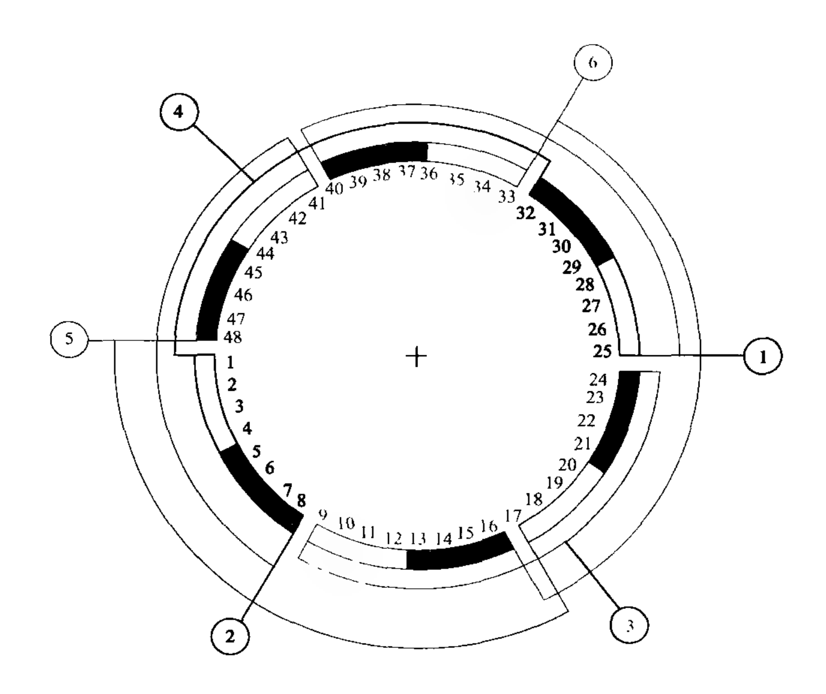


图 13-4（b） 接线圆图

（Z_1=48，4/2 极，△/2Y，y=1—13）

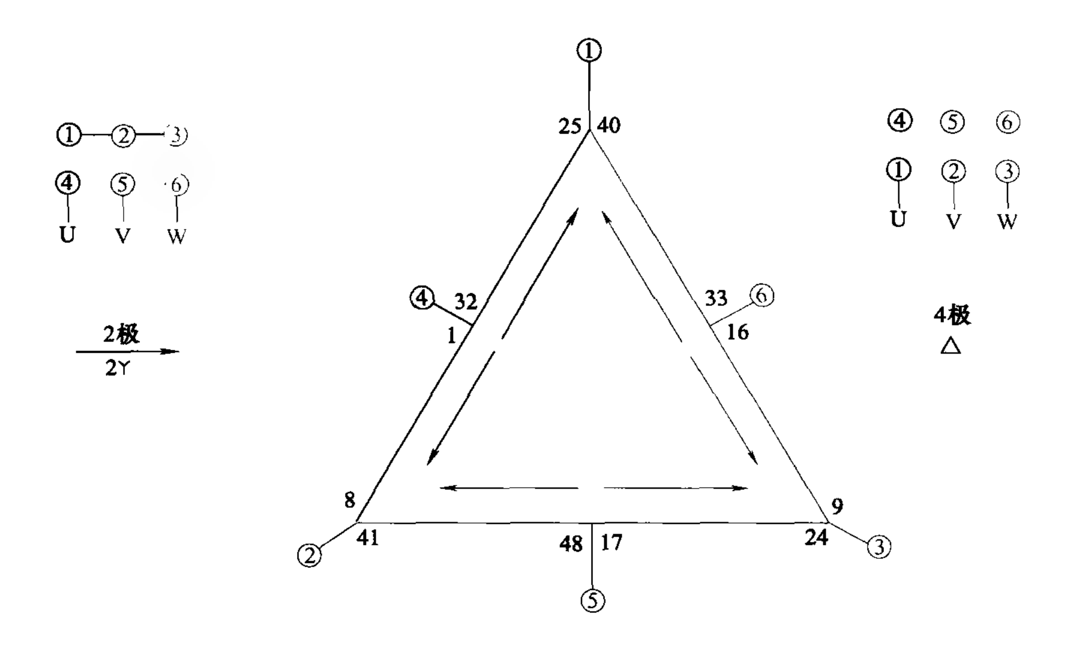
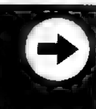


图 13-4（c） 接线简图

（Z_1=48，4/2 极，△/2Y，y=1—13）

13.5　24 槽 8/4 极、△/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-5）



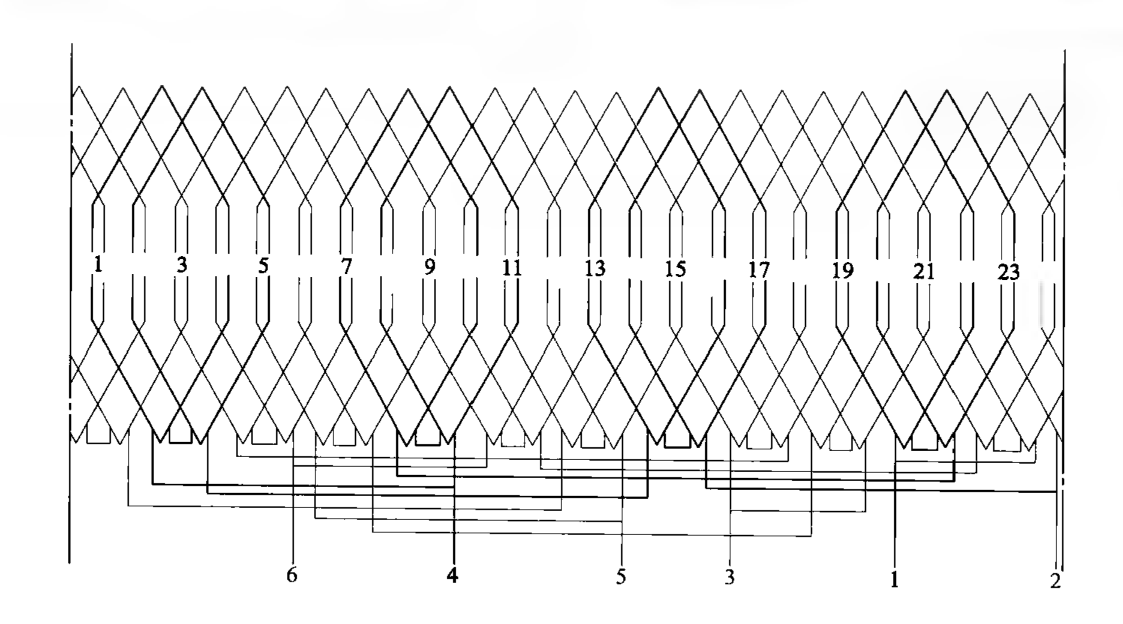


图 13-5（a）　绕组展开图

（$Z_1=24$，8/4 极，△/2Y，$y=1—4$）

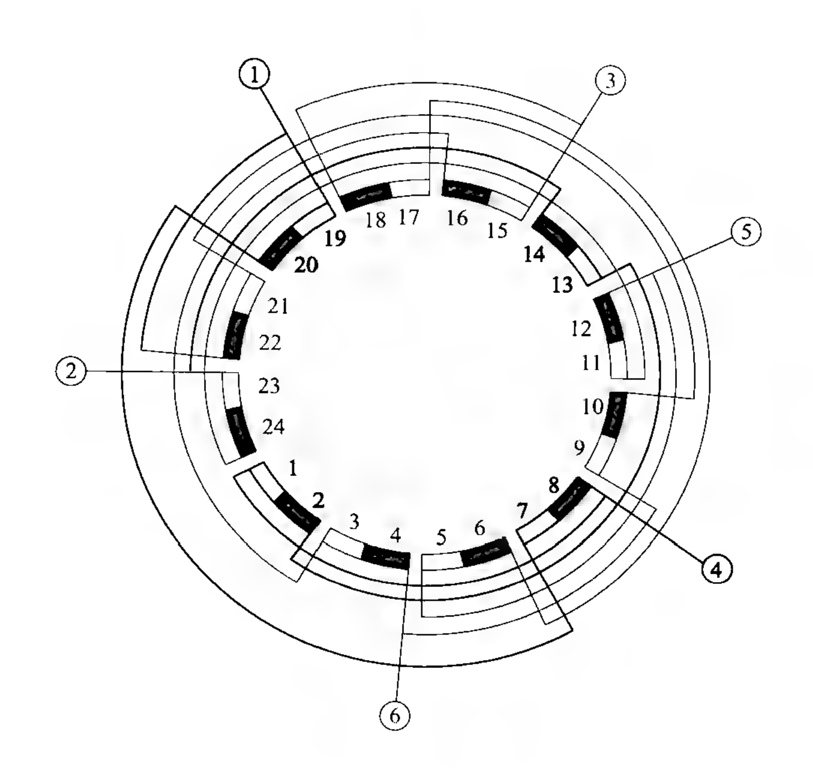


图 13-5（b）　接线圆图

（$Z_1=24$，8/4 极，△/2Y，$y=1—4$）

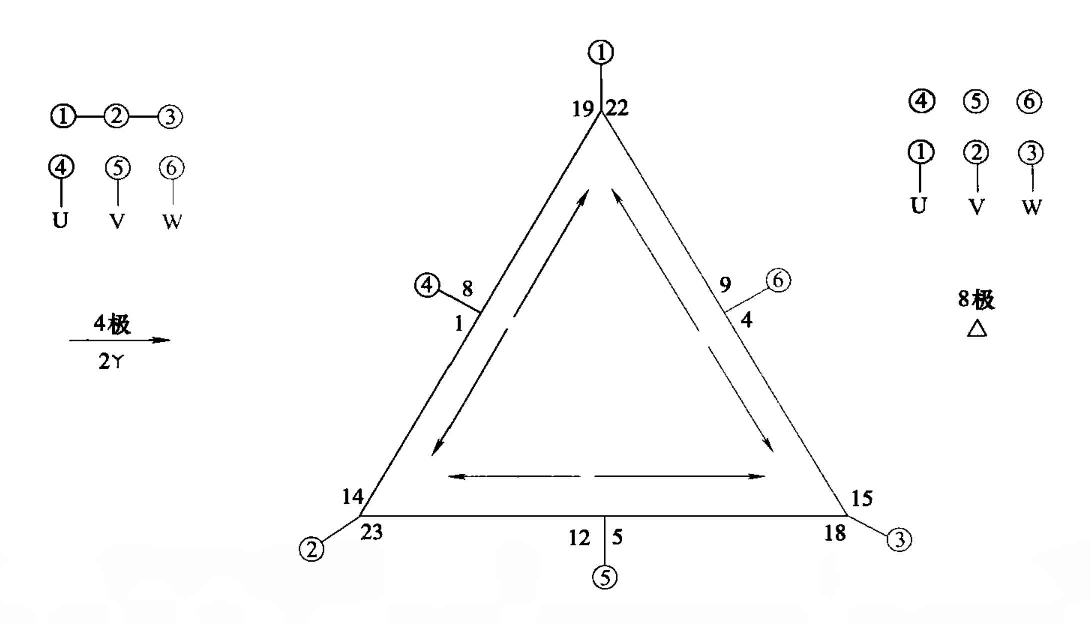


图 13-5（c） 接线简图

（Z_1=24，8/4 极，△/2Y，y=1—4）

13.6 36 槽 8/4 极、△/2Y接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-6）

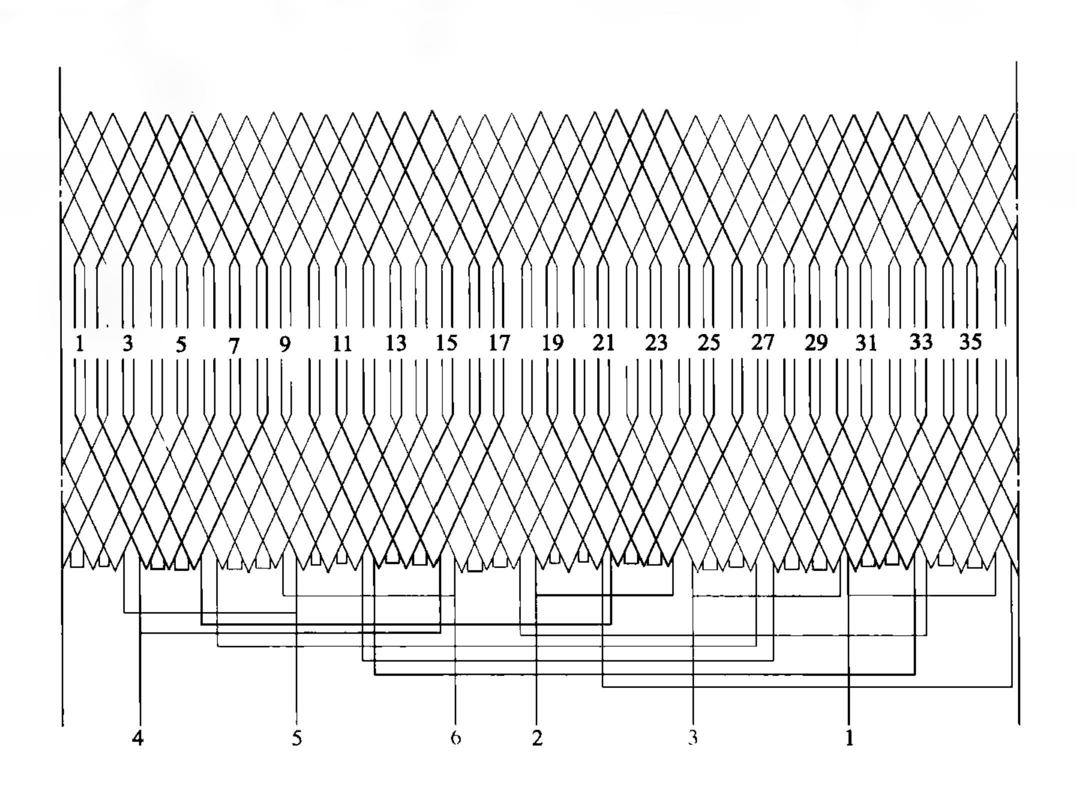


图 13-6（a） 绕组展开图

（Z_1=36，8/4 极，△/2Y，y=1　6）

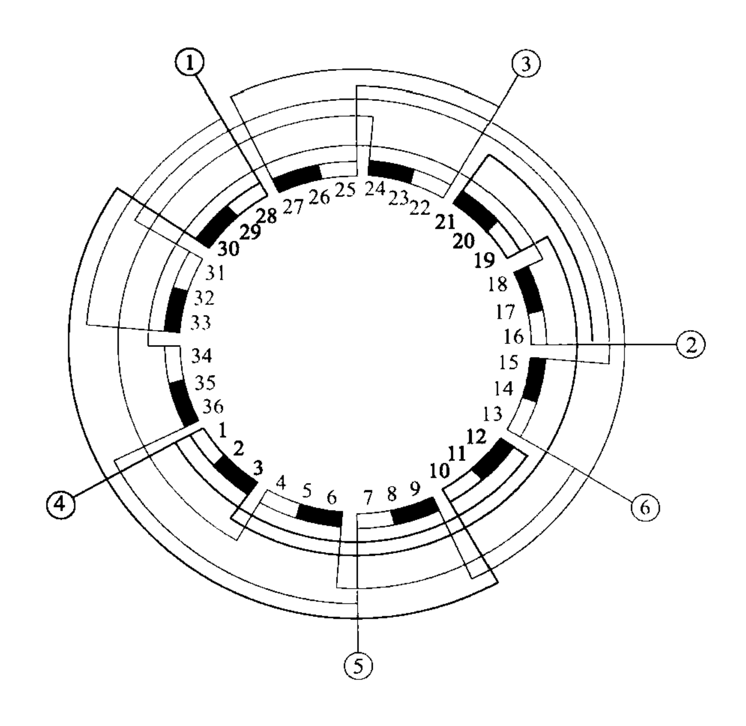


图 13-6（b）　接线圆图

（Z_1＝36，8/4 极，△/2Y，y＝1—6）

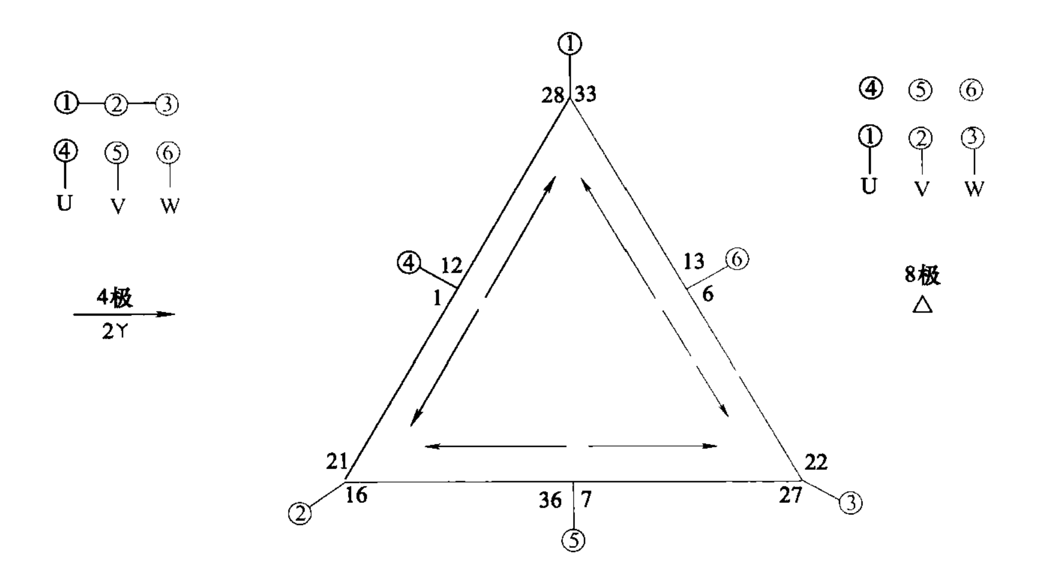


图 13-6（c）　接线简图

（Z_1＝36，8/4 极，△/2Y，y＝1　6）

13.7　48 槽 8/4 极、△/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13.7）



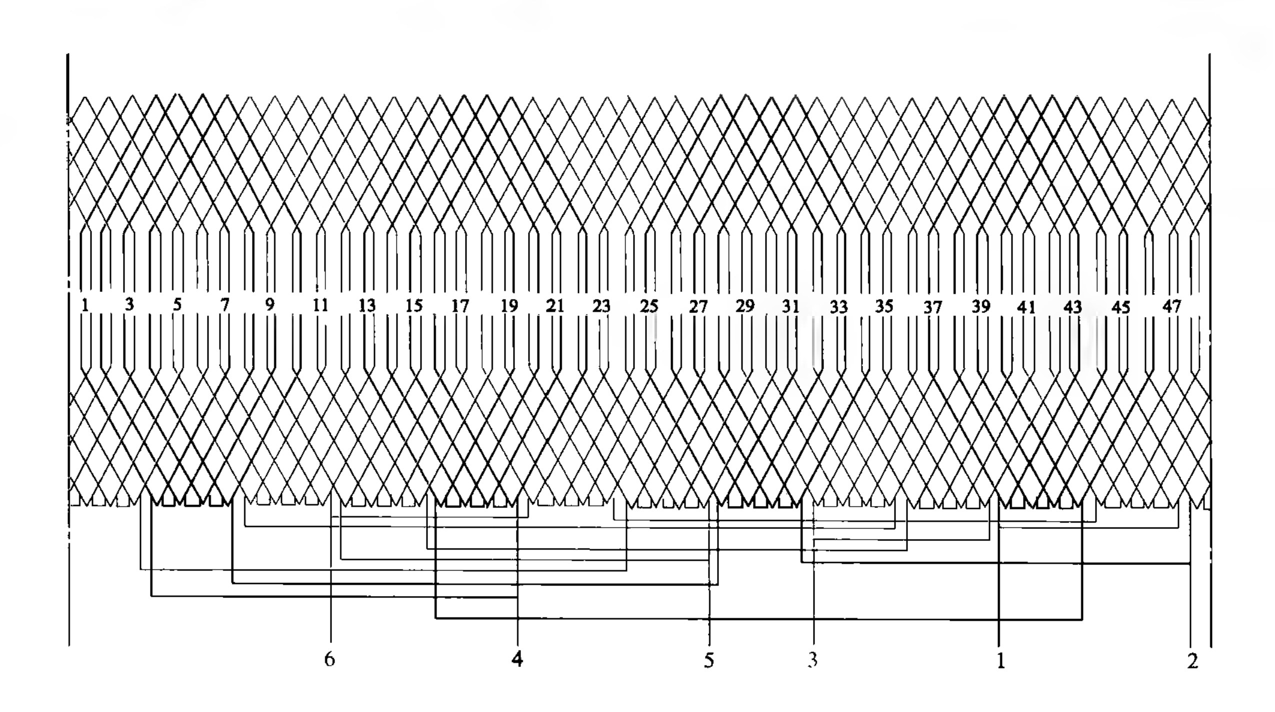


图 13-7（a）　绕组展开图
（$Z_1=48$，8/4 极，△/2Y，$y=1-7$）

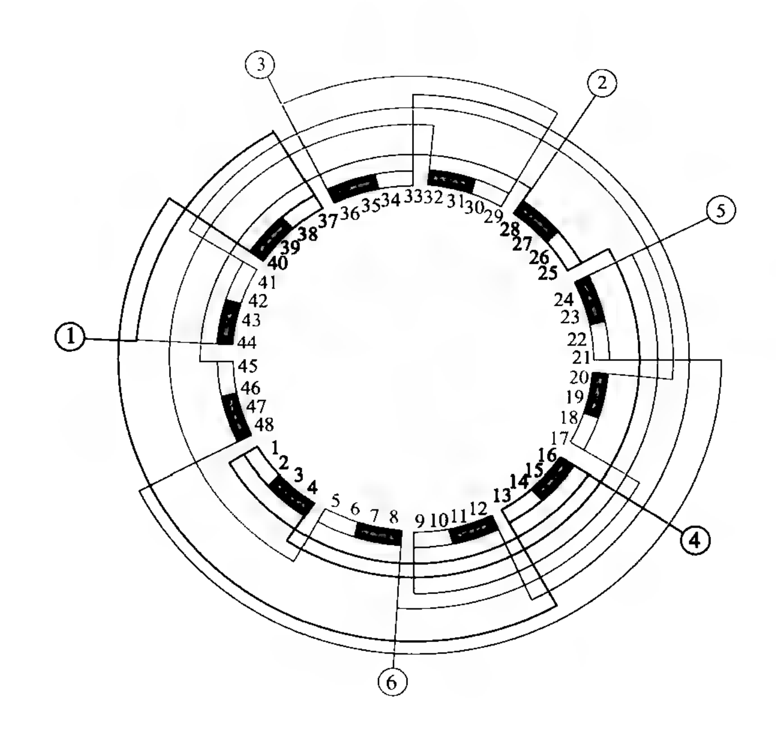


图 13-7（b）　接线圆图
（$Z_1=48$，8/4 极，△/2Y，$y=1-7$）

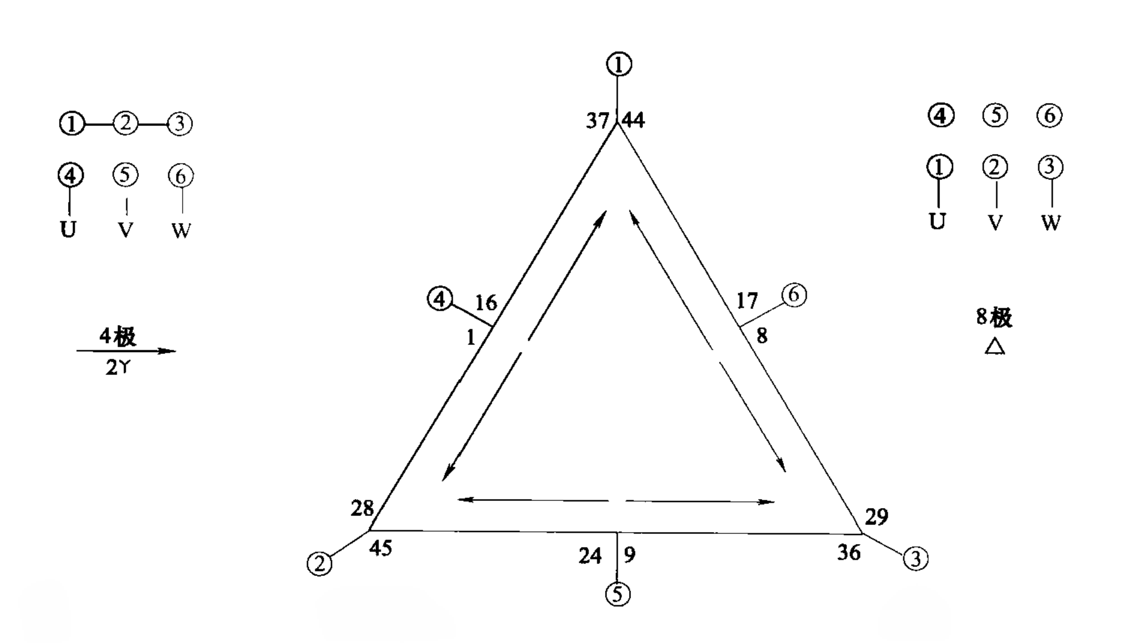


图 13-7（c）　接线简图

（Z_1=48，8/4 极，△/2Y，y=1—7）

13.8　54 槽 8/4 极、△/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-8）

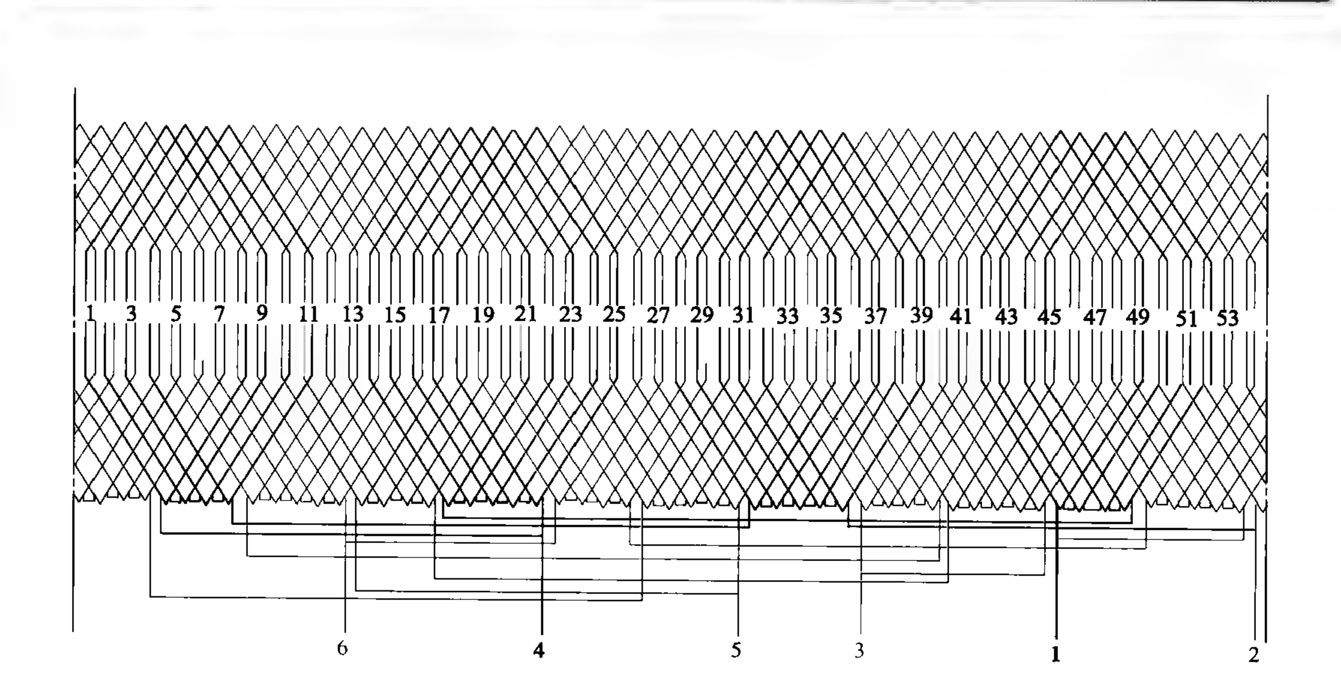


图 13-8（a）　绕组展开图

（Z_1=54，8/4 极，△/2Y，y=1—8）

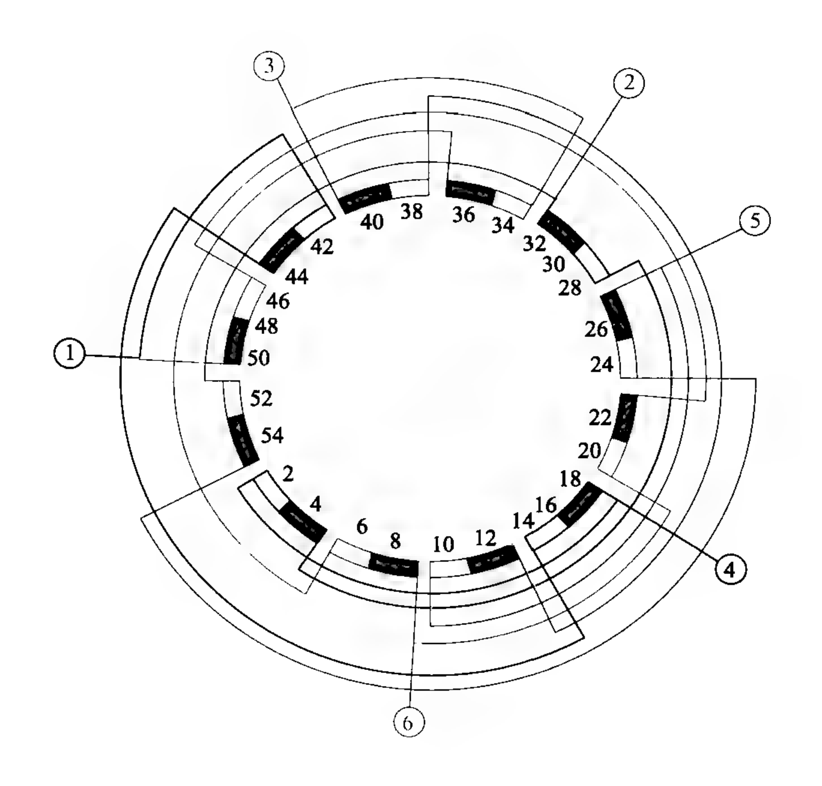


图 13-8（b） 接线圆图

（$Z_1=54$，8/4 极，△/2Y，$y=1—8$）

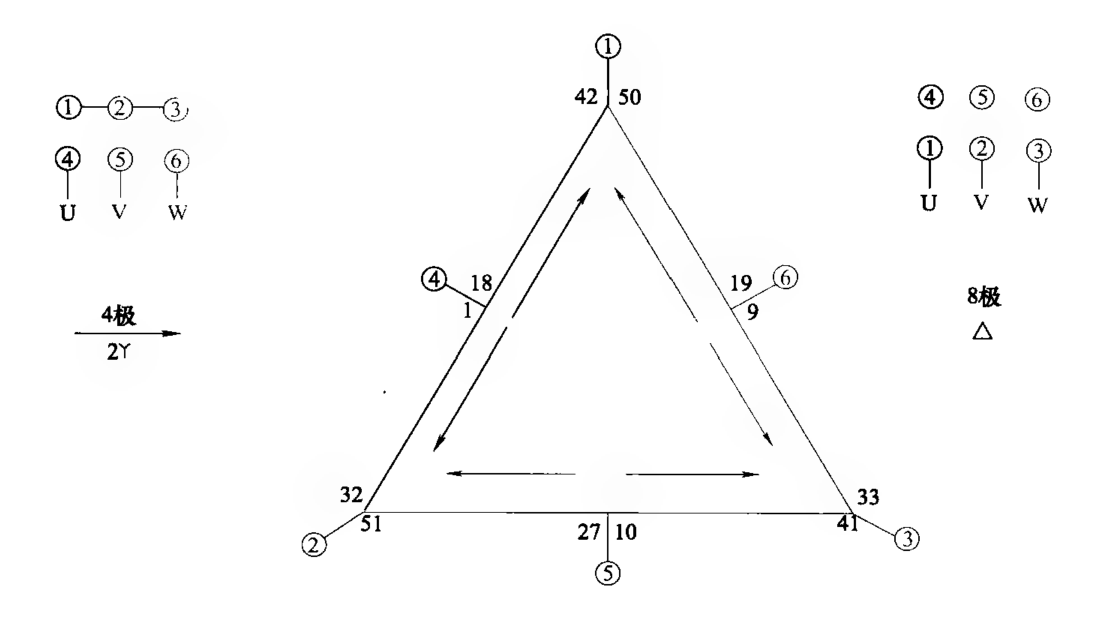


图 13-8（c） 接线简图

（$Z_1=54$，8/4 极，△/2Y，$y=1—8$）

13.9　36 槽 12/6 极、△/2Y接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-9） 

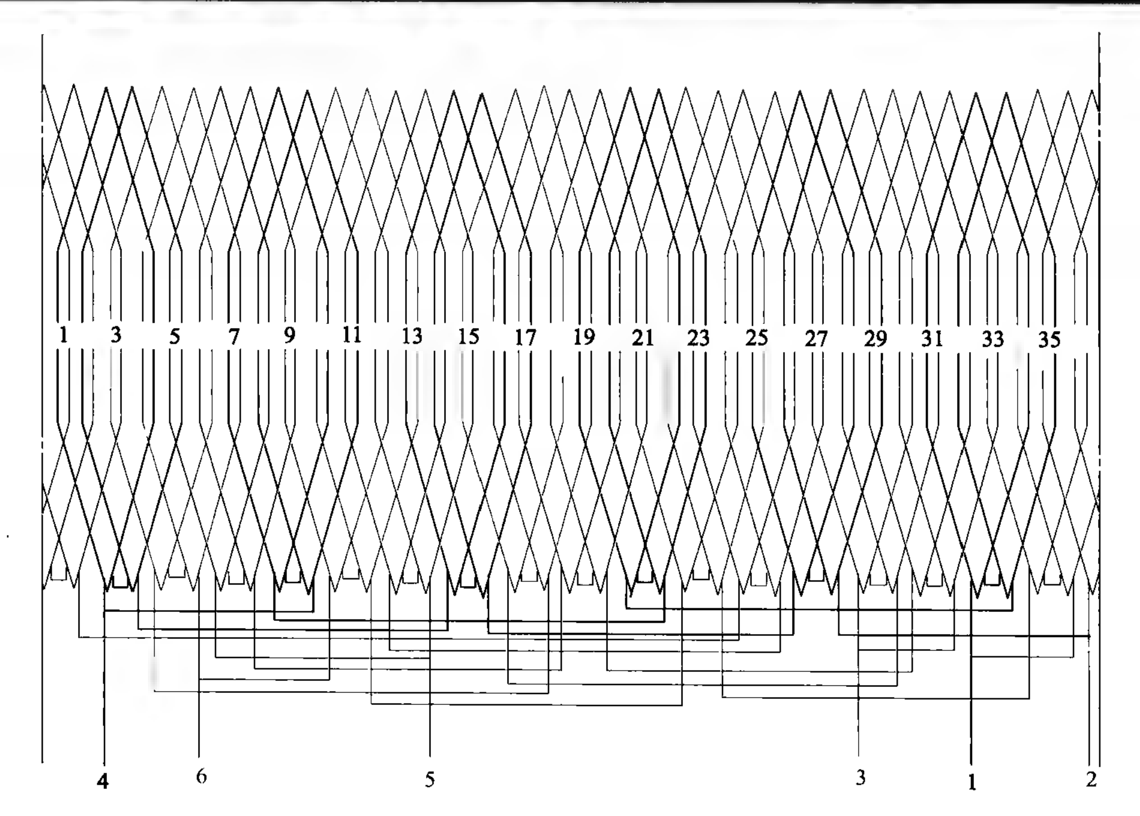


图 13-9（a）　绕组展开图

（Z_1=36，12/6 极，△/2Y，y=1 -4）

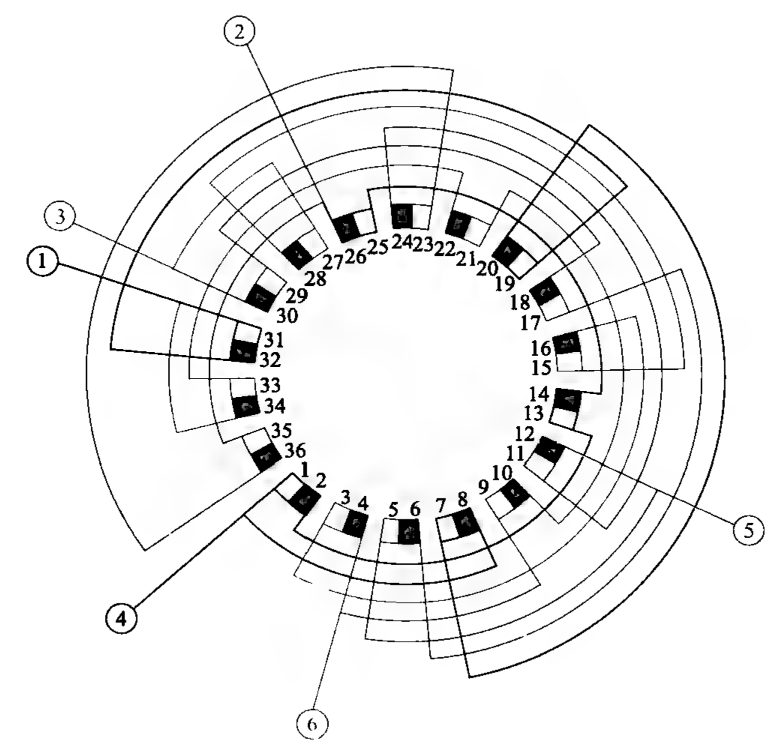


图 13-9（b）　接线圆图

（Z_1=36，12/6 极，△/2Y，y=1—4）

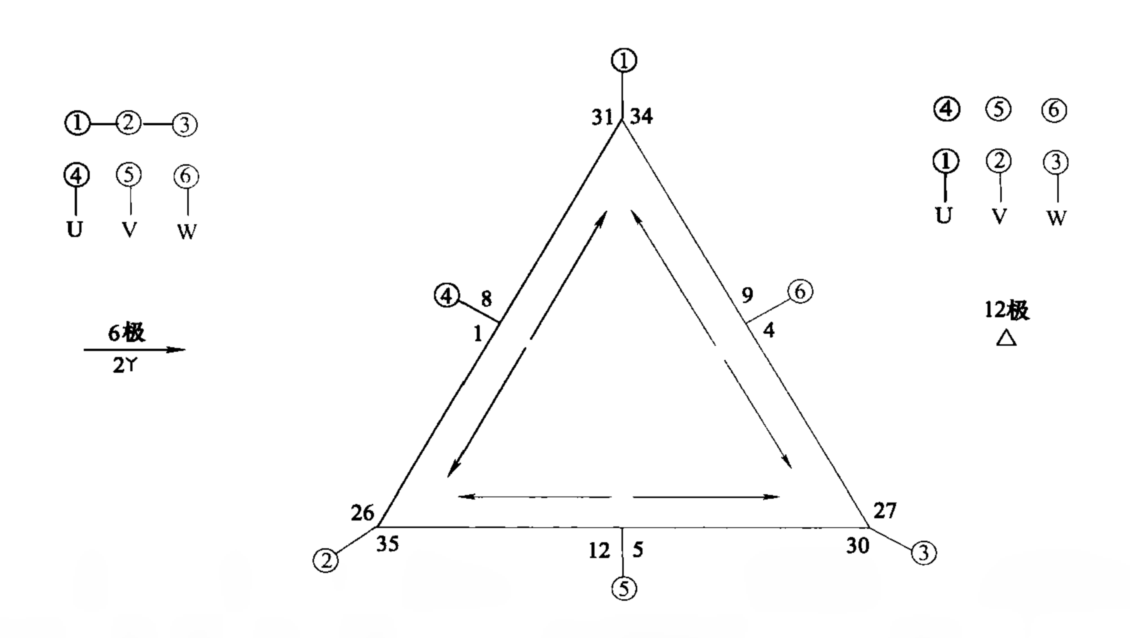


图 13-9 (c)　接线简图

($Z_1=36$, 12/6 极, △/2Y, $y=1$—4)

13.10　54 槽 12/6 极、△/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-10）



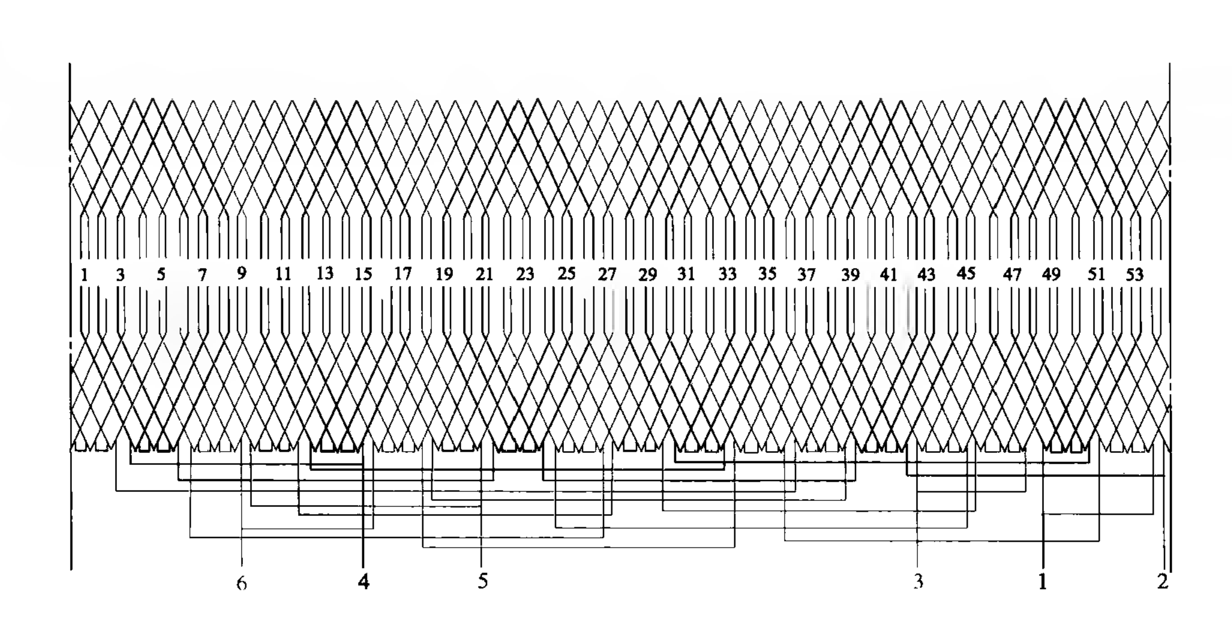


图 13-10 (a)　绕组展开图

($Z_1=54$, 12/6 极, △/2Y, $y=1$—6)

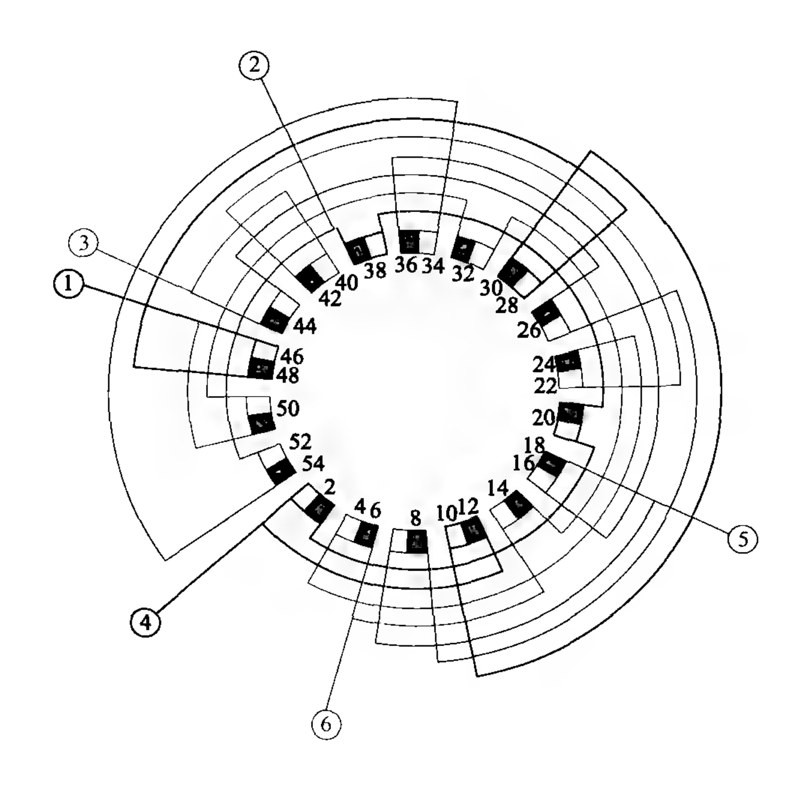
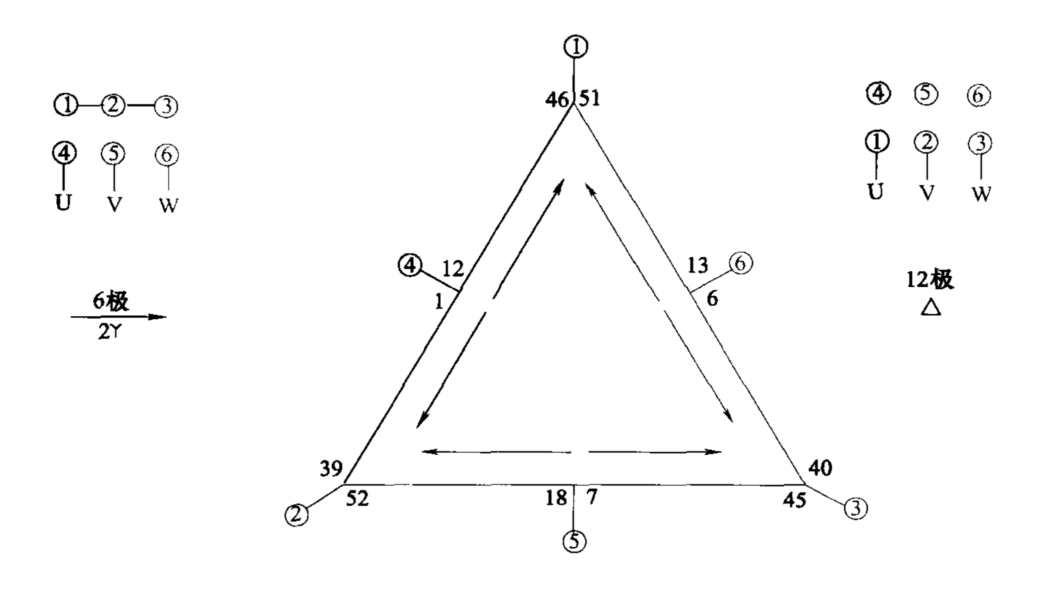


图 13-10（b）　接线圆图

（Z_1＝54，12/6 极，△/2Y，y＝1－6）



12/6 极　△/2Y

图 13-10（c）　接线简图

（Z_1＝54，12/6 极，△/2Y，y＝1—6）

13.11　36 槽 12/4 极、△/⩓接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-11）



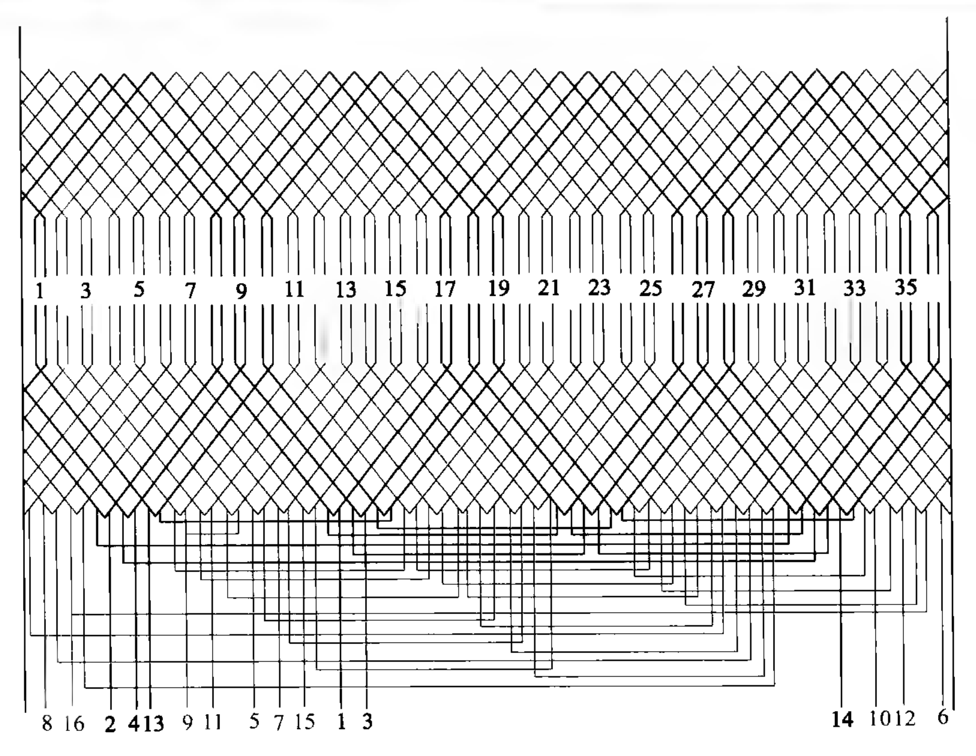


图 13-11（a）　绕组展开图

（$Z_1=36$，12/4 极，△/⩓，$y=1—10$）

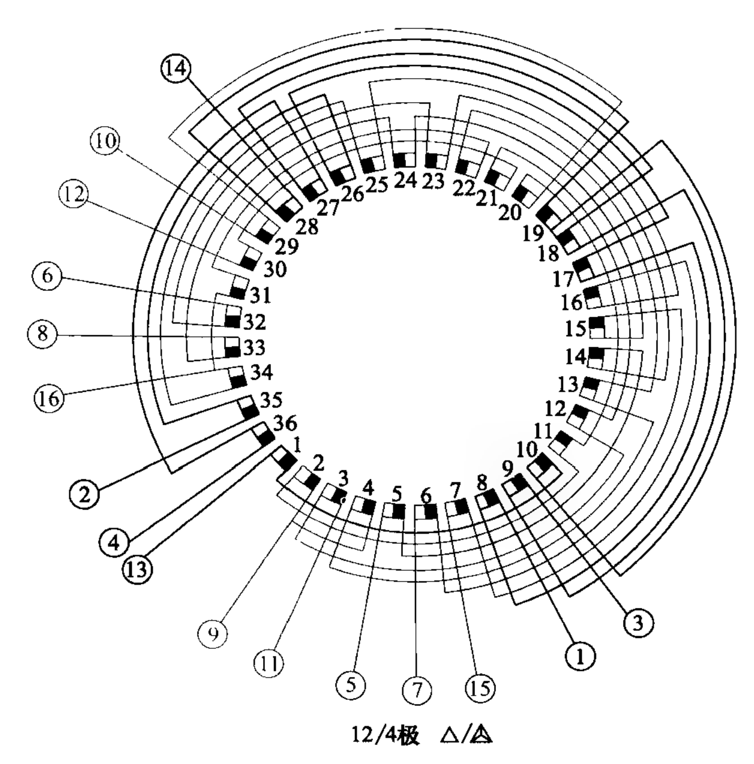


图 13-11（b）　接线圆图

（$Z_1=36$，12/4 极，△/⩓，$y=1—10$）

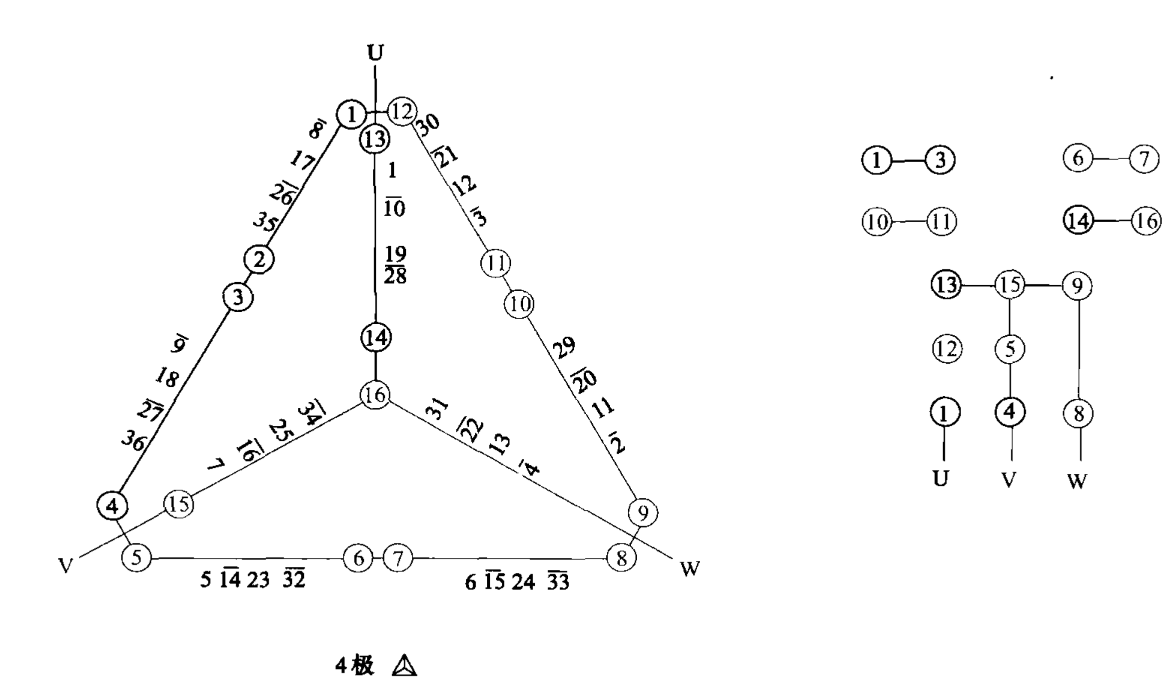


图 13-11（c） 接线简图（一）

（Z_1=36，4 极，△，y=1 -10）

图 13-11（d） 接线简图（二）

（Z_1=36，12 极，△，y=1—10）

说明：数字上加横杠表示此线圈反接。

13.12 36 槽 8/2 极、Y/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（1）（图 13-12）



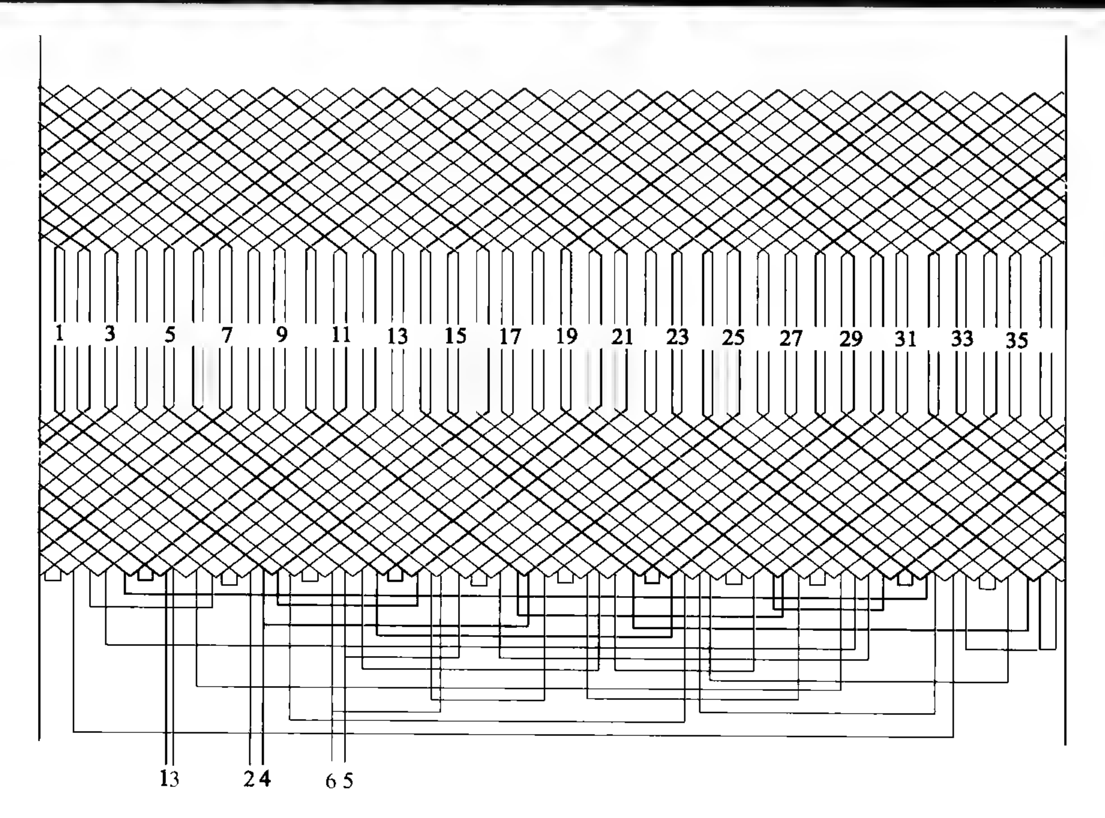


图 13-12（a） 绕组展开图

（Z_1=36，8/2 极，Y/2Y，y=1 16）

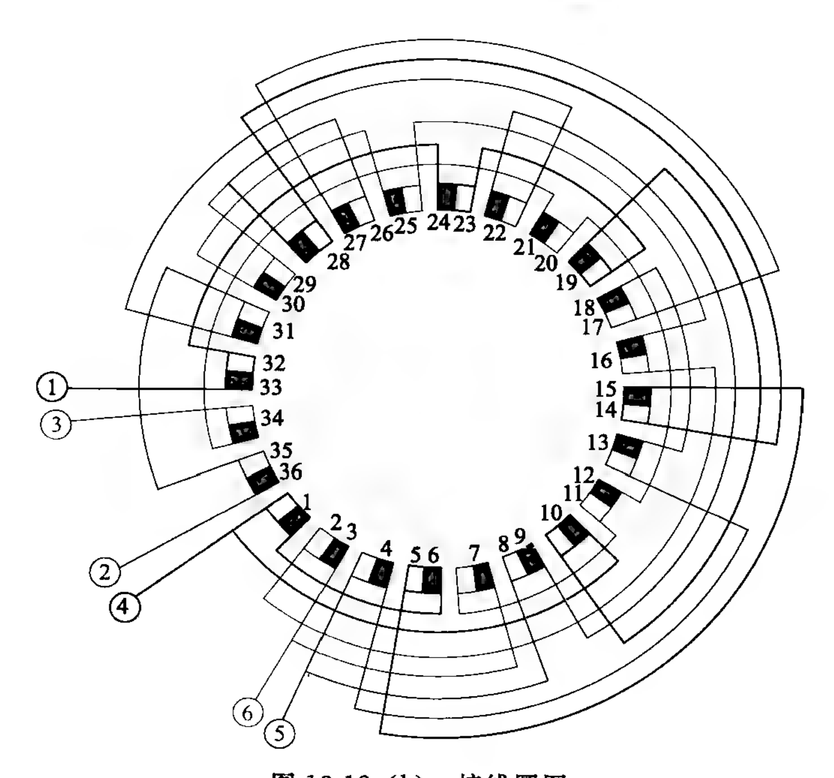


图 13-12（b） 接线圆图

（Z_1=36，8/2 极，Y/2Y，y=1—16）

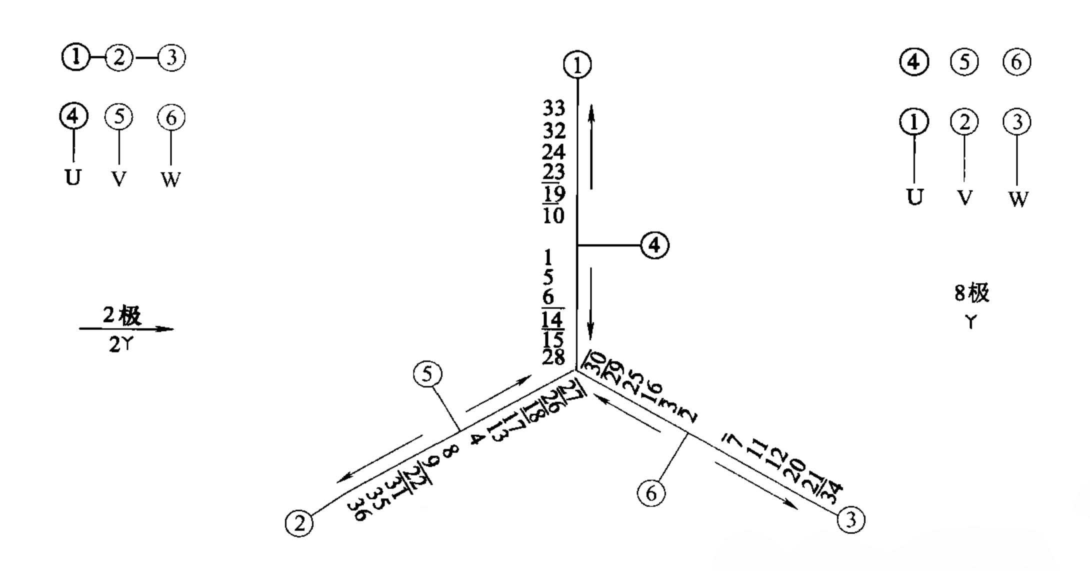


图 13-12（c）　接线简图

（Z_1=36，8/2 极，Y/2Y，y=1—16）

13.13　36 槽 8/2 极、Y/2Y接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（2）（图 13-13）

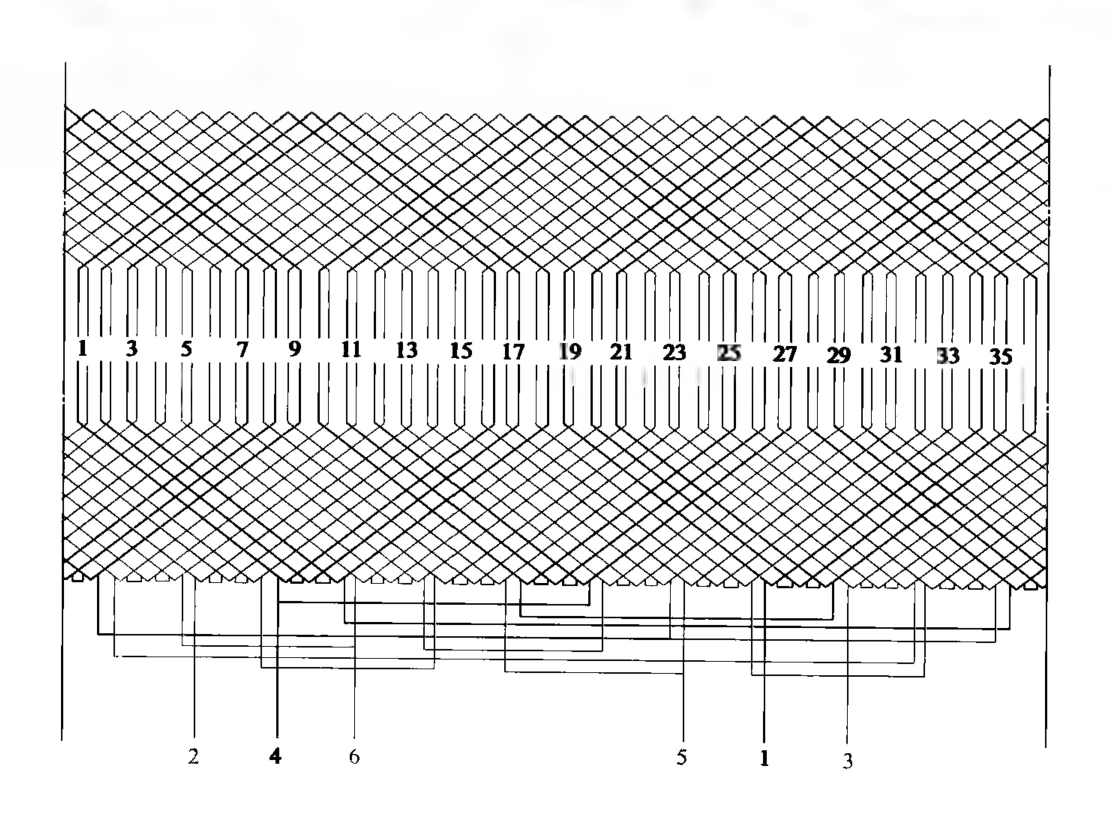


图 13-13（a）　绕组展开图

（Z_1=36，8/2 极，Y/2Y，y=1—16）

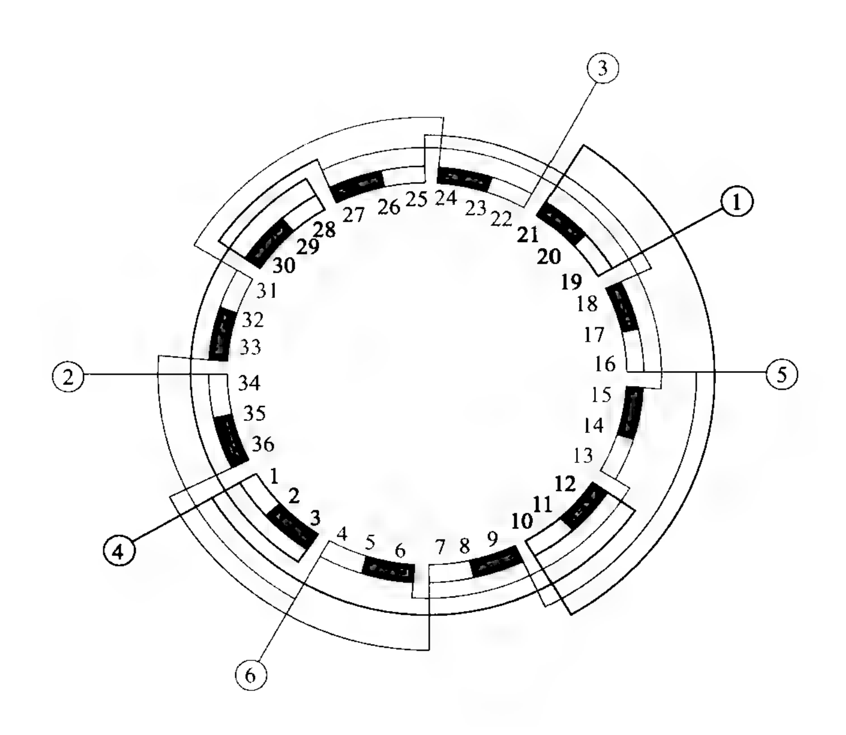


图 13-13（b） 接线圆图

（Z_1＝36，8/2极，Y/2Y，y＝1—16）

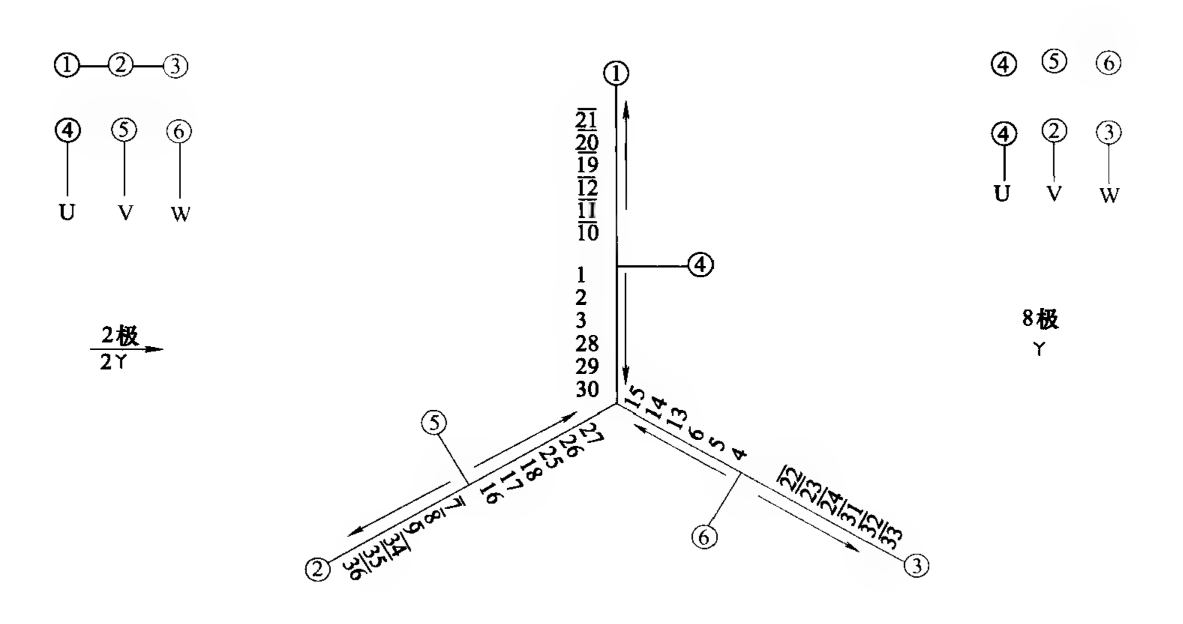


图 13-13（c） 接线简图

（Z_1＝36，8/2极，Y/2Y，y＝1 16）

13.14 36 槽 8/2 极、Y/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（3）（图 13-14）

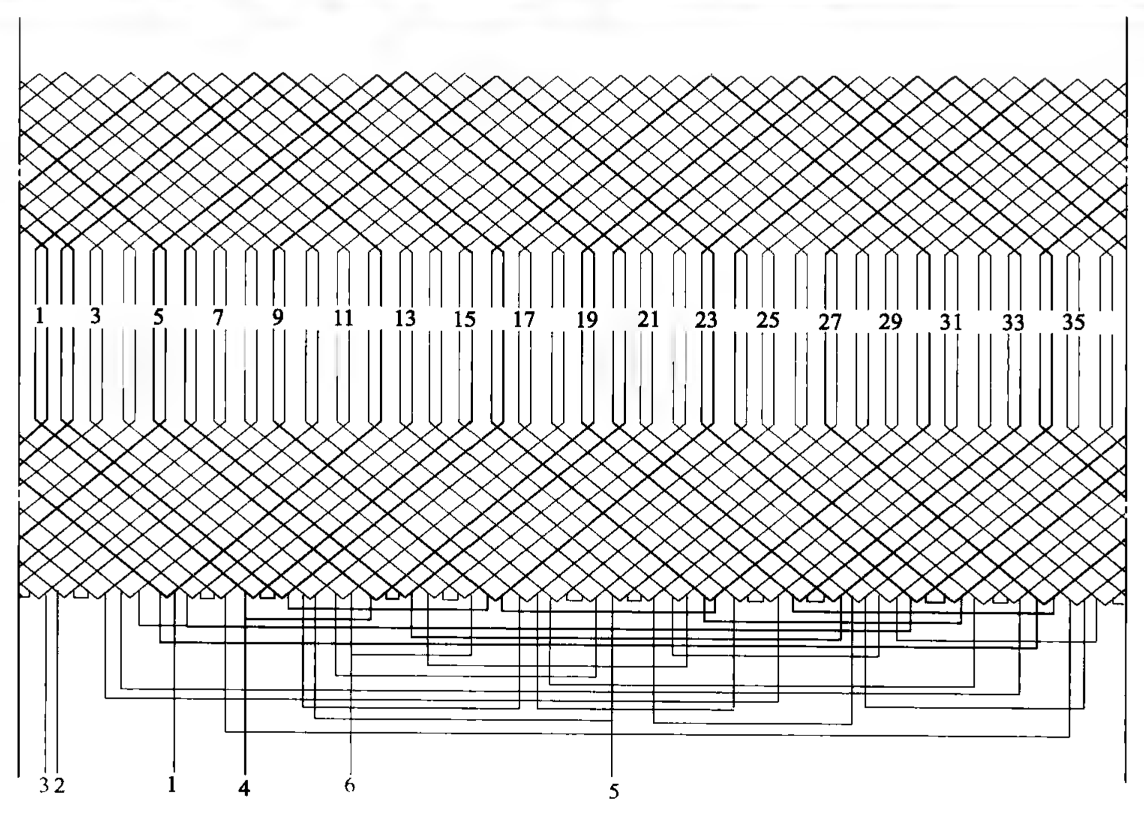


图 13-14（a） 绕组展开图

（$Z_1=36$，8/2 极，Y/2Y，y=1—15）

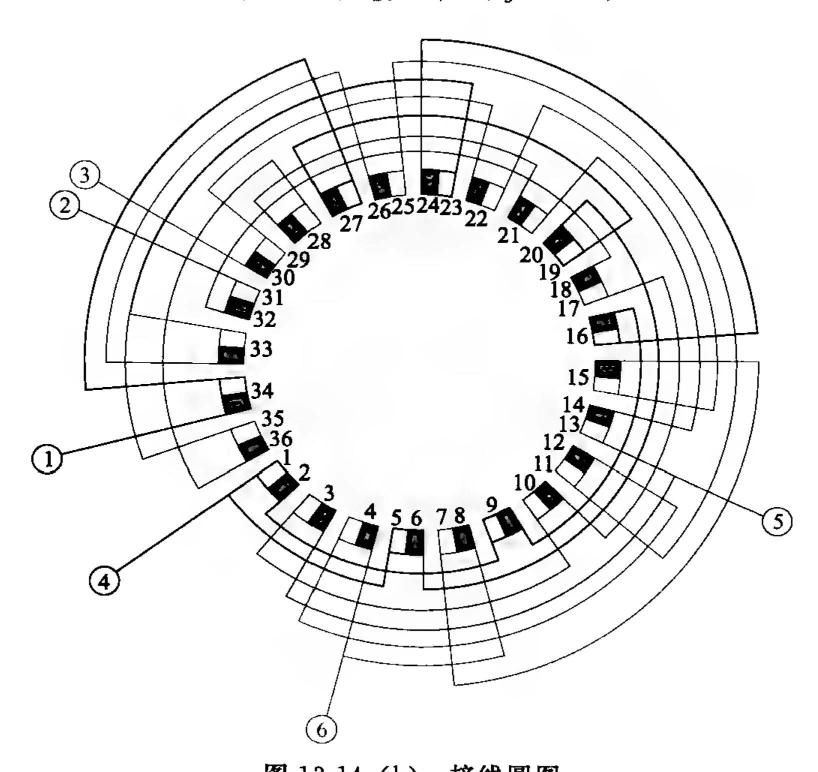


图 13-14（b） 接线圆图

（$Z_1=36$，8/2 极，Y/2Y，y=1—15）

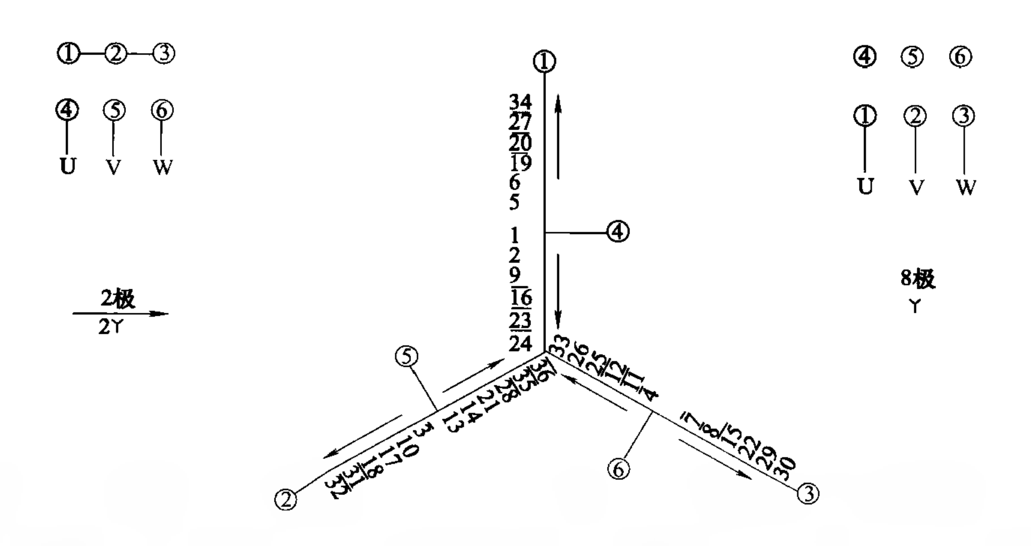


图 13-14（c）　接线简图

（$Z_1=36$，8/2 极，Y/2Y，$y=1-15$）

13.15　36 槽 8/2 极、Y/2△接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（1）（图 13-15）

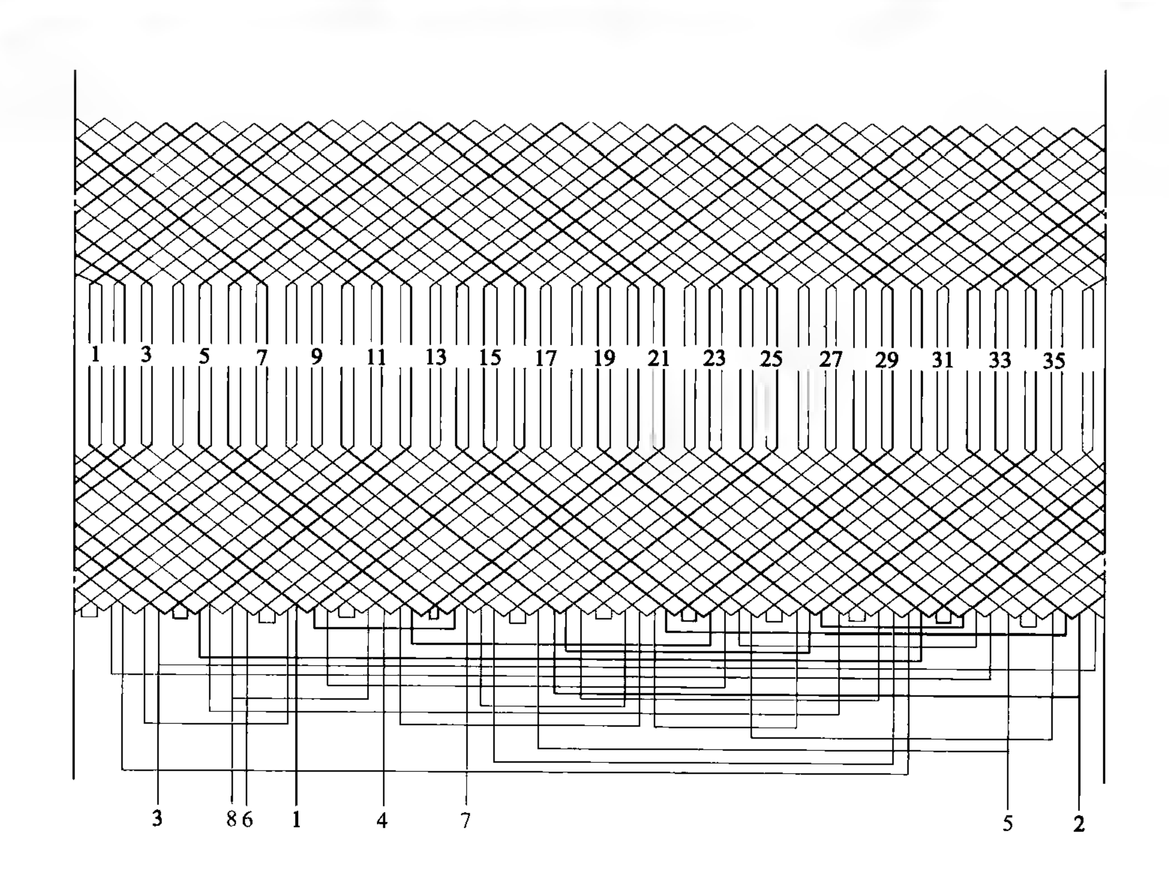


图 13-15（a）　绕组展开图

（$Z_1=36$，8/2 极，Y/2△，$y=1-16$）

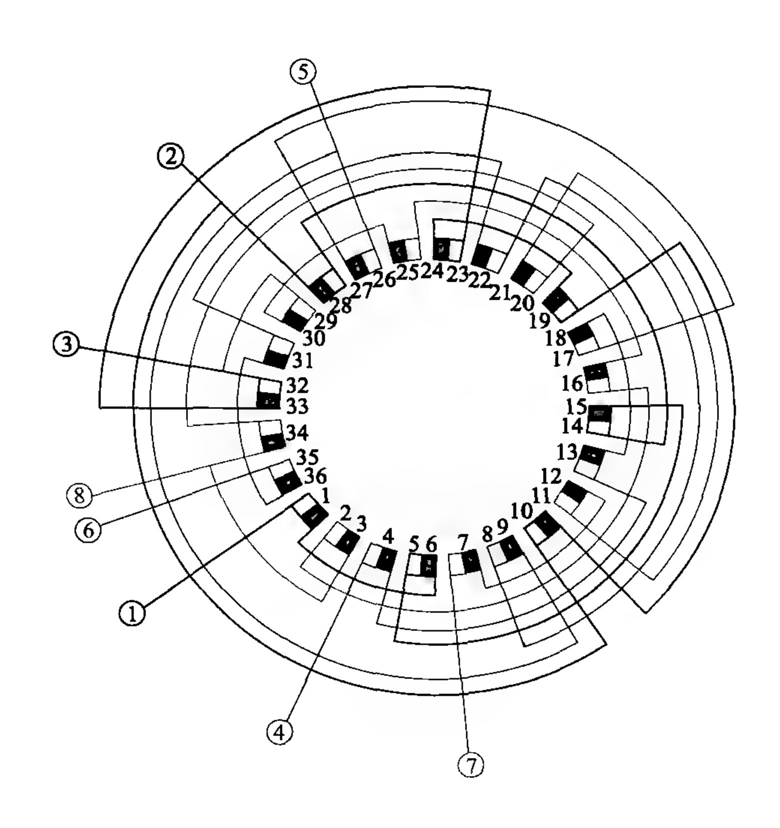


图 13-15（b）　接线圆图

（Z_1＝36，8/2 极，Y/2△，y＝1—16）

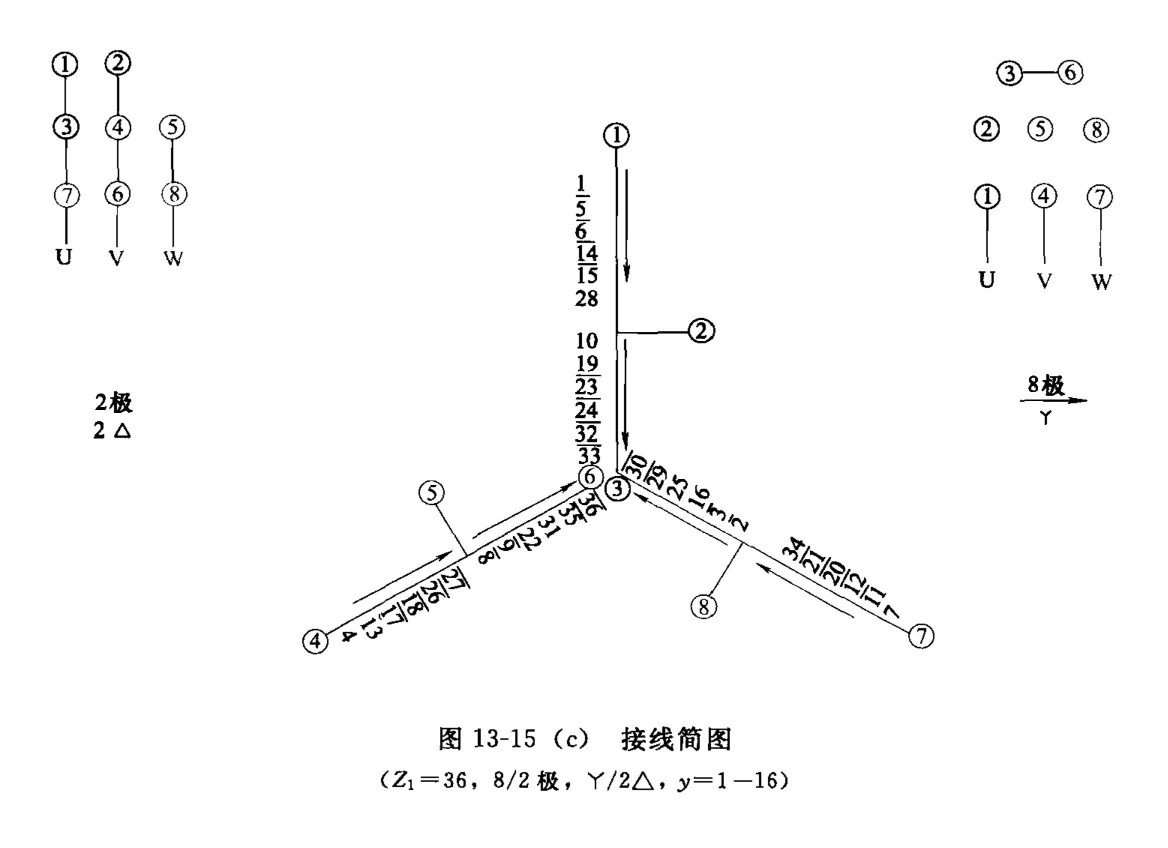


图 13-15（c）　接线简图

（Z_1＝36，8/2 极，Y/2△，y＝1—16）

13.16　36 槽 8/2 极、Y/2△接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（2）（图 13-16）

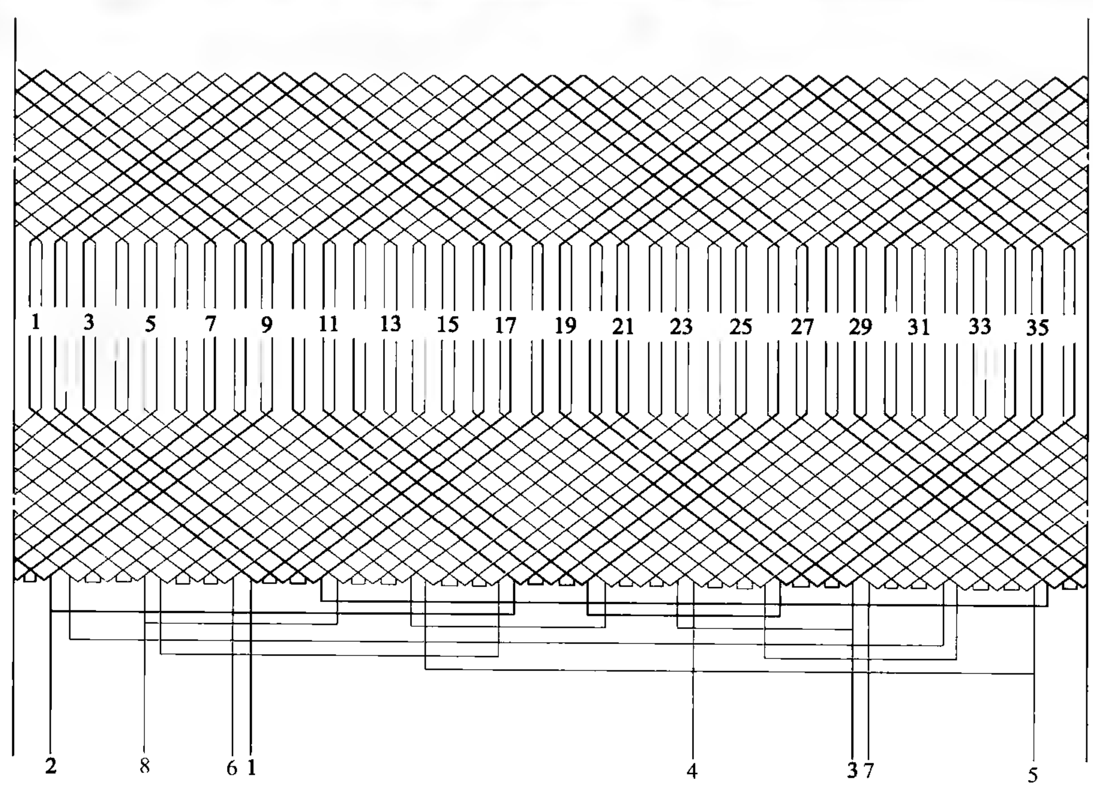


图 13-16（a）　绕组展开图

（Z_1=36，8/2 极，Y/2△，y=1—16）

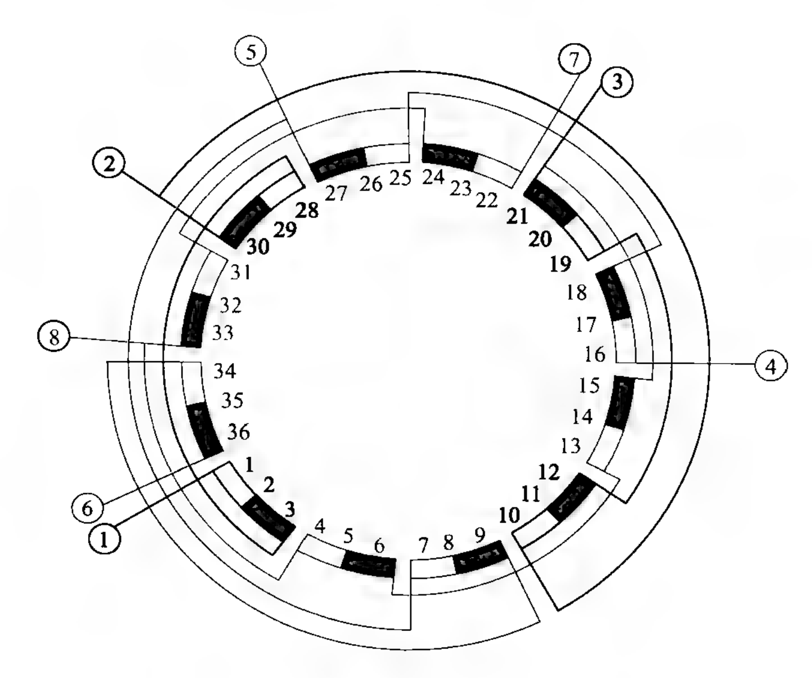


图 13-16（b）　接线圆图

（Z_1=36，8/2 极，Y/2△，y=1—16）

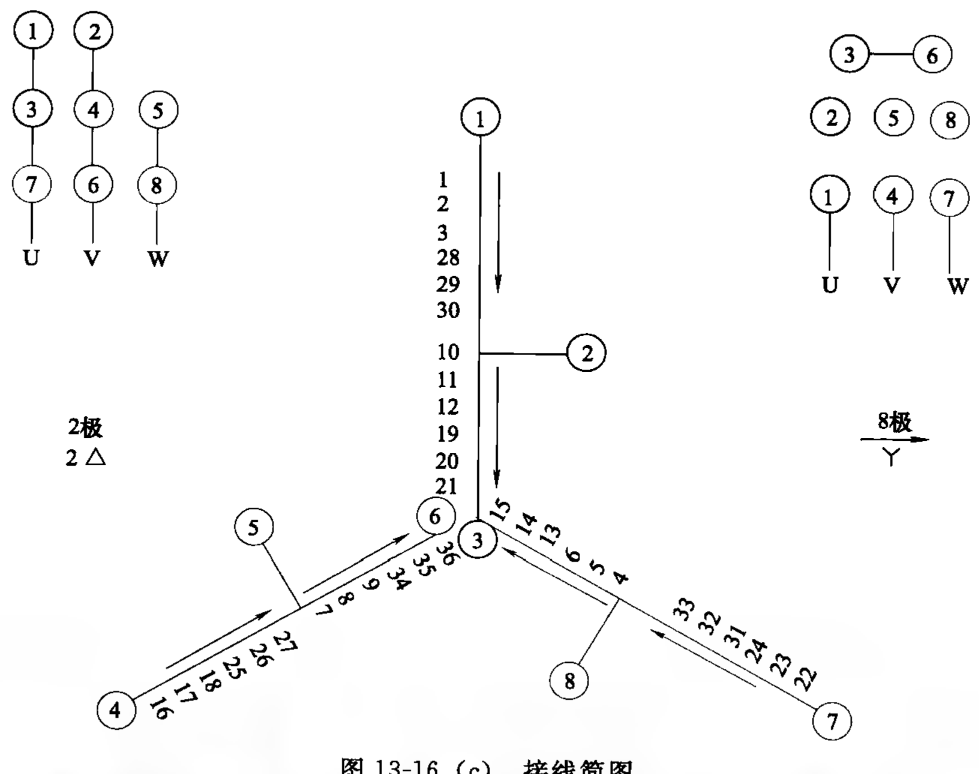


图 13-16（c）　接线简图

（Z_1=36，8/2 极，Y/2△，y=1—16）

13.17　36 槽 8/2 极、Y/2△接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（3）（图 13-17）



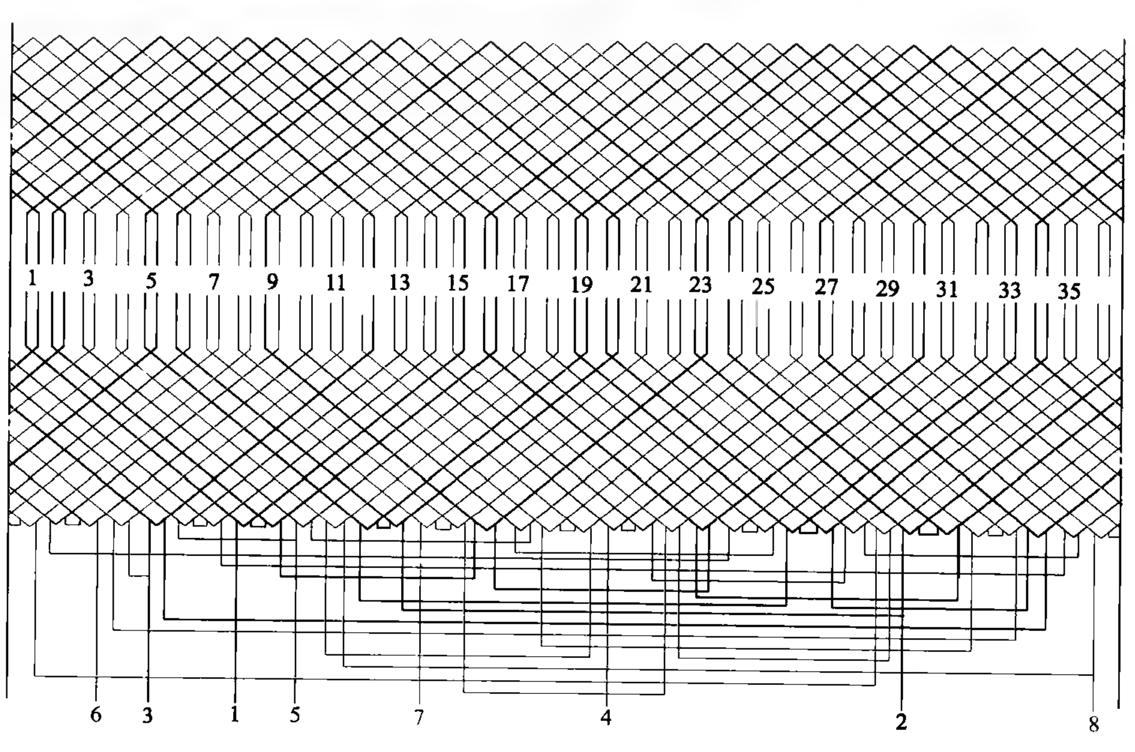


图 13-17（a）　绕组展开图

（Z_1=36，8/2 极，Y/2△，y=1 -15）

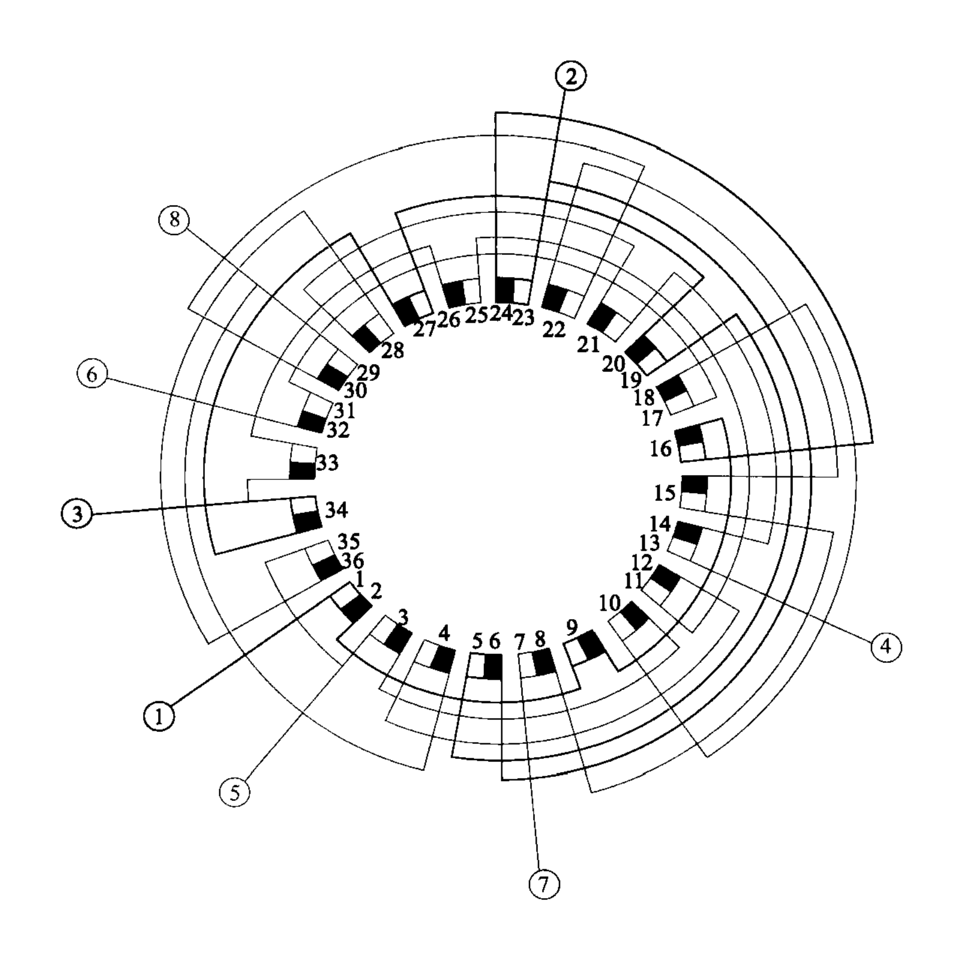


图 13-17（b）　接线圆图

（Z_1=36，8/2 极，Y/2△，y=1—15）

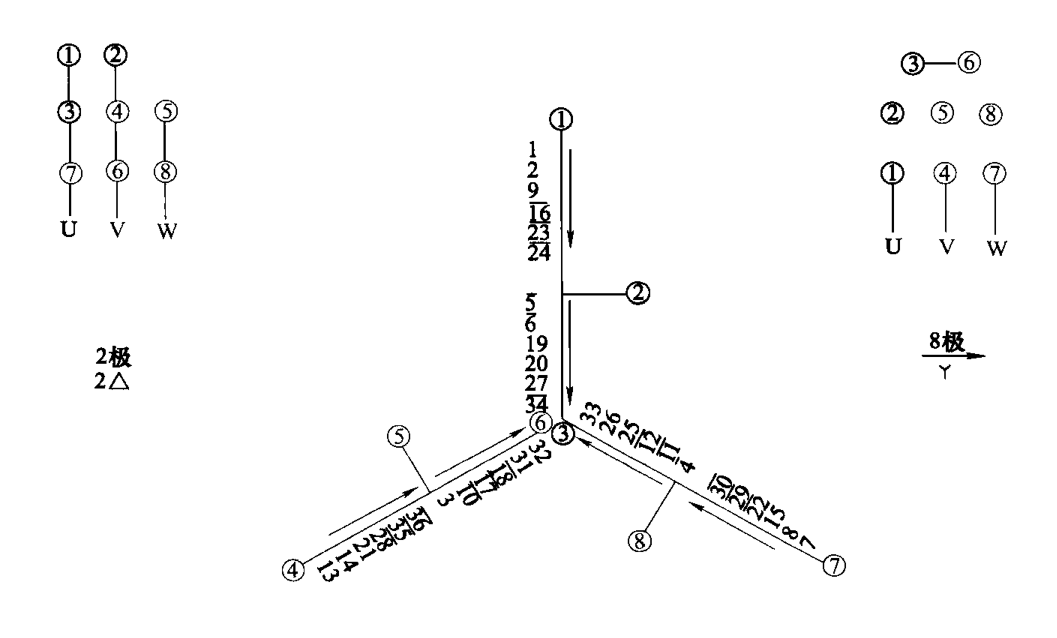


图 13-17（c）　接线简图

（Z_1=36，8/2 极，Y/2△，y=1—15）

13.18　54 槽 16/6 极、Y/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-18）

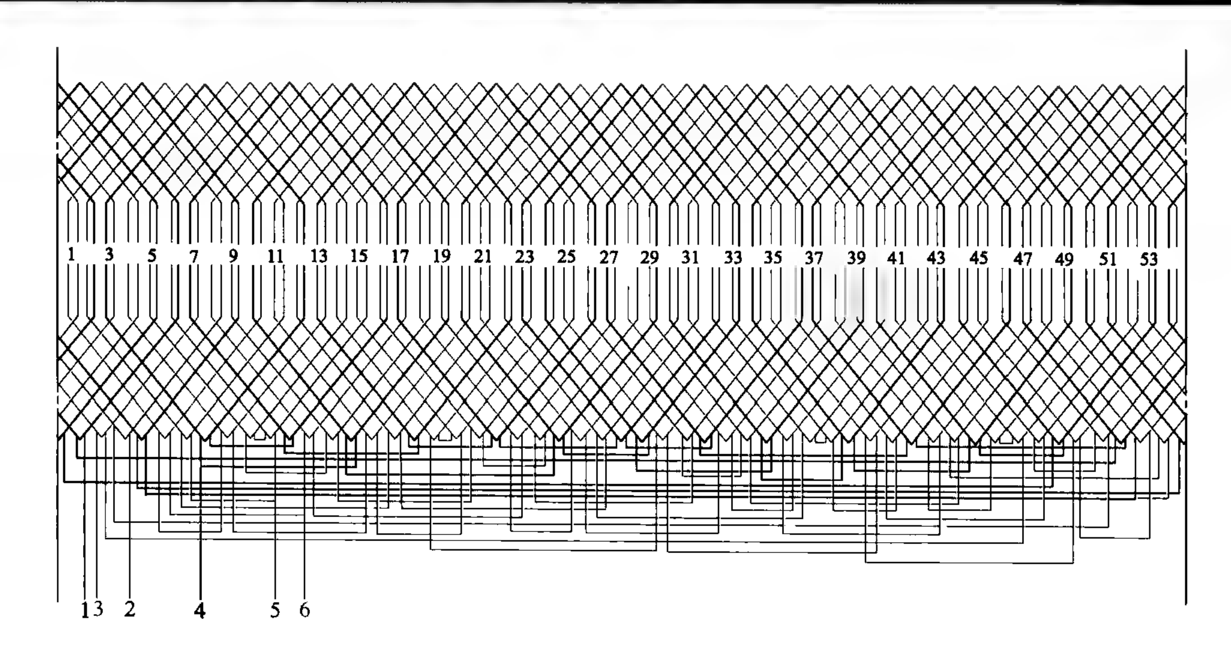


图 13-18（a）　绕组展开图

（$Z_1=54$，16/6 极，Y/2Y，$y=1—10$）

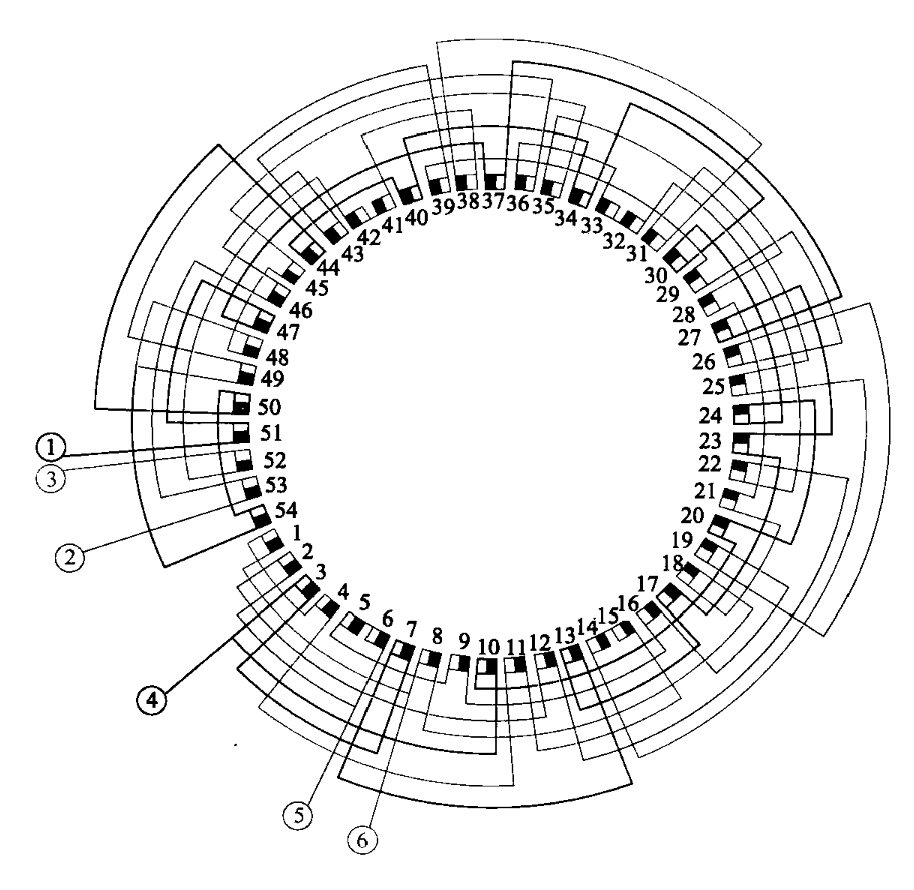


图 13-18（b）　接线圆图

（$Z_1=54$，16/6 极，Y/2Y，$y=1—10$）

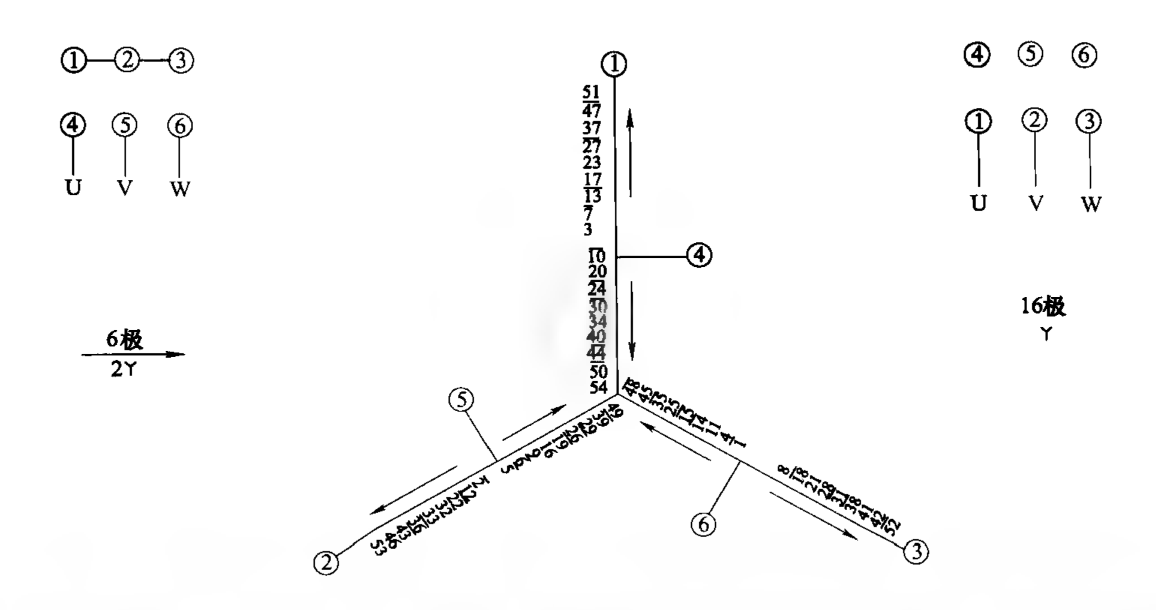


图 13-18（c）　接线简图

（Z_1=54，16/6 极，Y/2Y，y=1—10）

13.19　36 槽 6/4 极、△/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（1）（图 13-19）

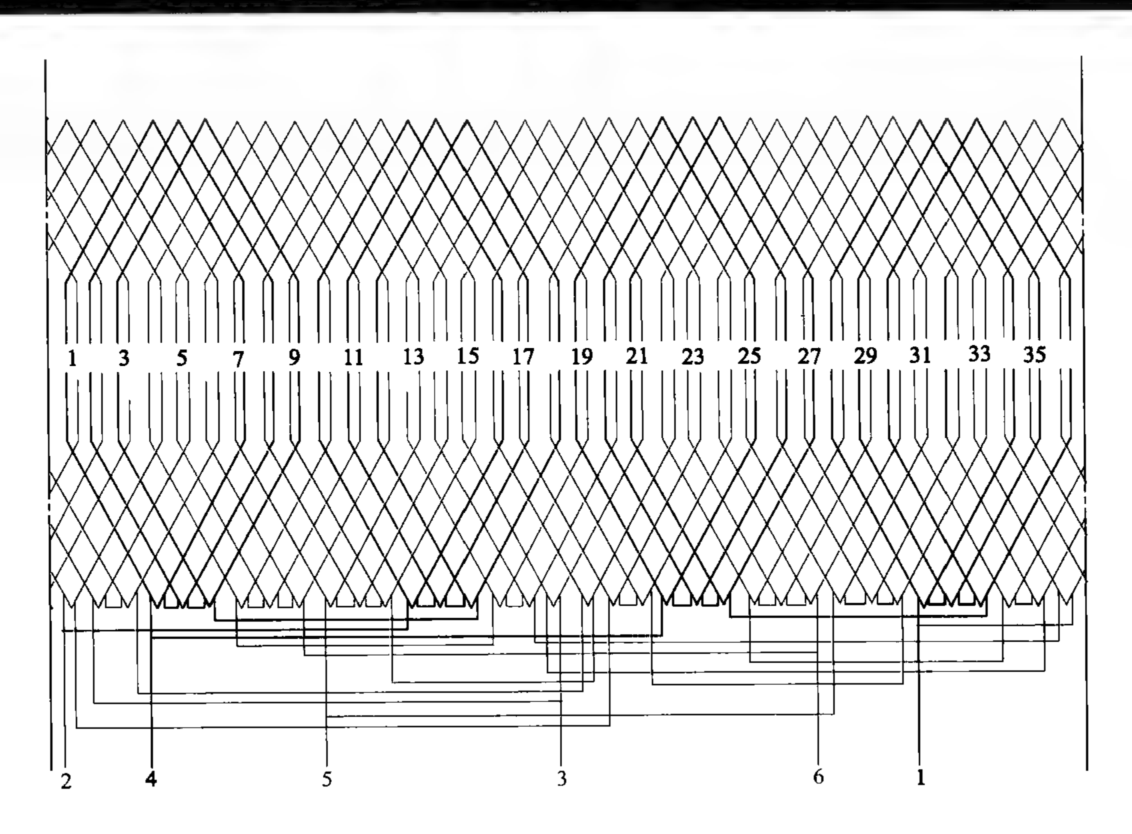


图 13-19（a）　绕组展开图

（Z_1=36，6/4 极，△/2Y，y=1—7）

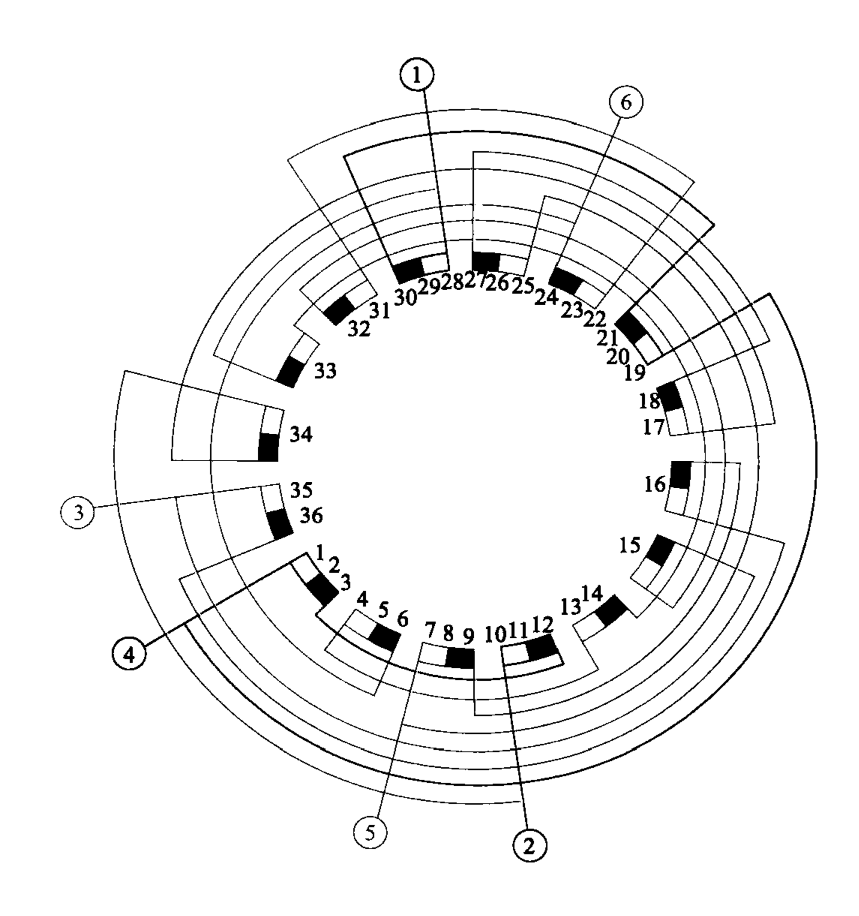


图 13-19（b） 接线圆图

（$Z_1=36$，6/4 极，△/2Y，$y=1$　7）

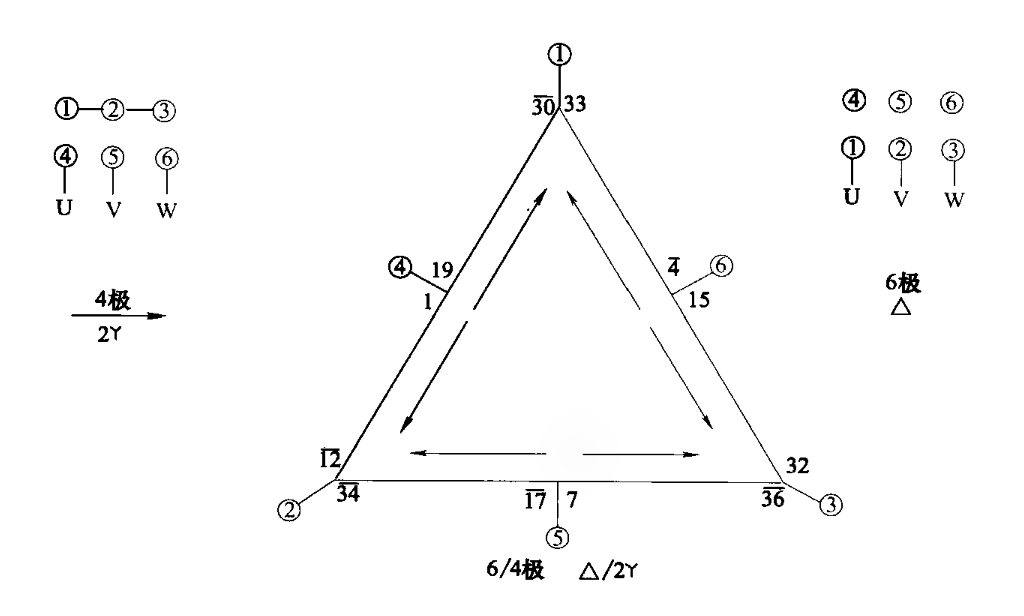
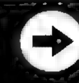
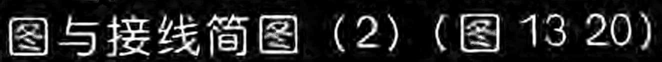


图 13-19（c） 接线简图

（$Z_1=36$，6/4 极，△/2Y，$y=1—7$）



13.20　36槽6/4极、△/2Y接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（2）（图13 20）



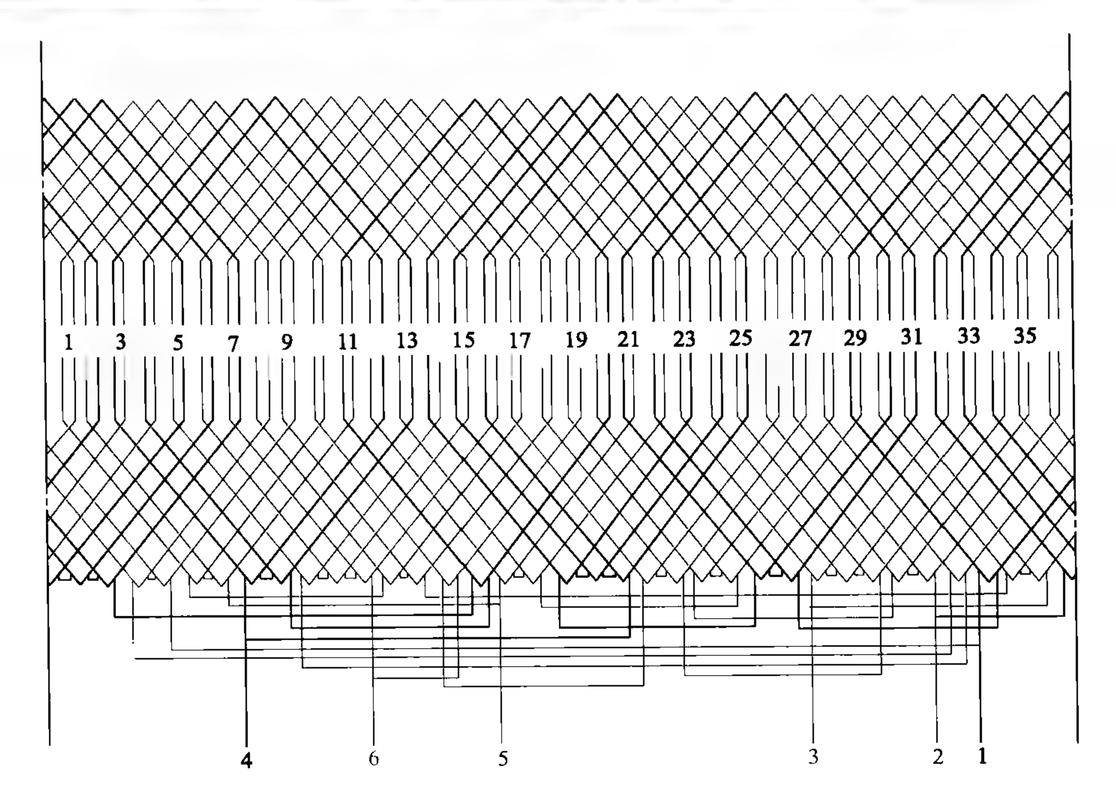


图13-20（a）　绕组展开图

（$Z_1=36$，6/4极，△/2Y，$y=1—10$）

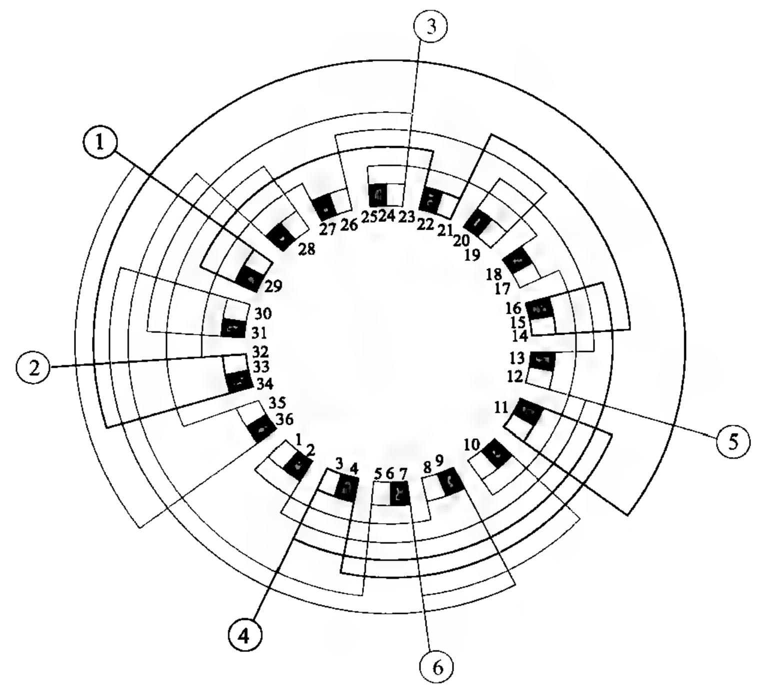


图13-20（b）　接线圆图

（$Z_1=36$，6/4极，△/2Y，$y=1—10$）

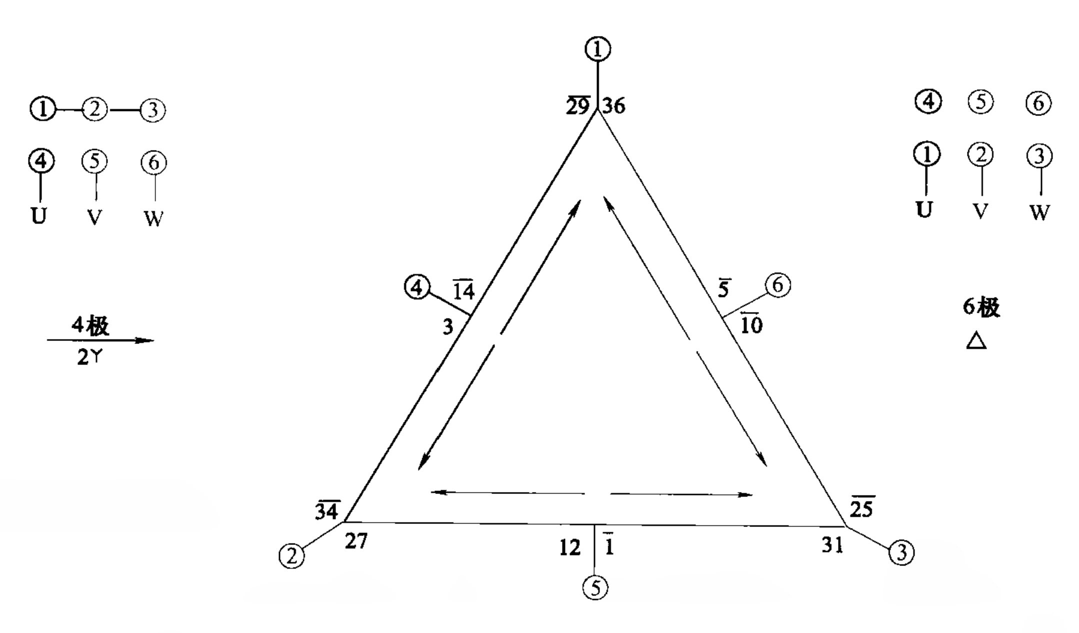


图 13-20（c） 接线简图

（$Z_1=36$，6/4 极，△/2Y，$y=1—10$）

13.21　36 槽 8/6 极、△/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（1）（图 13-21）

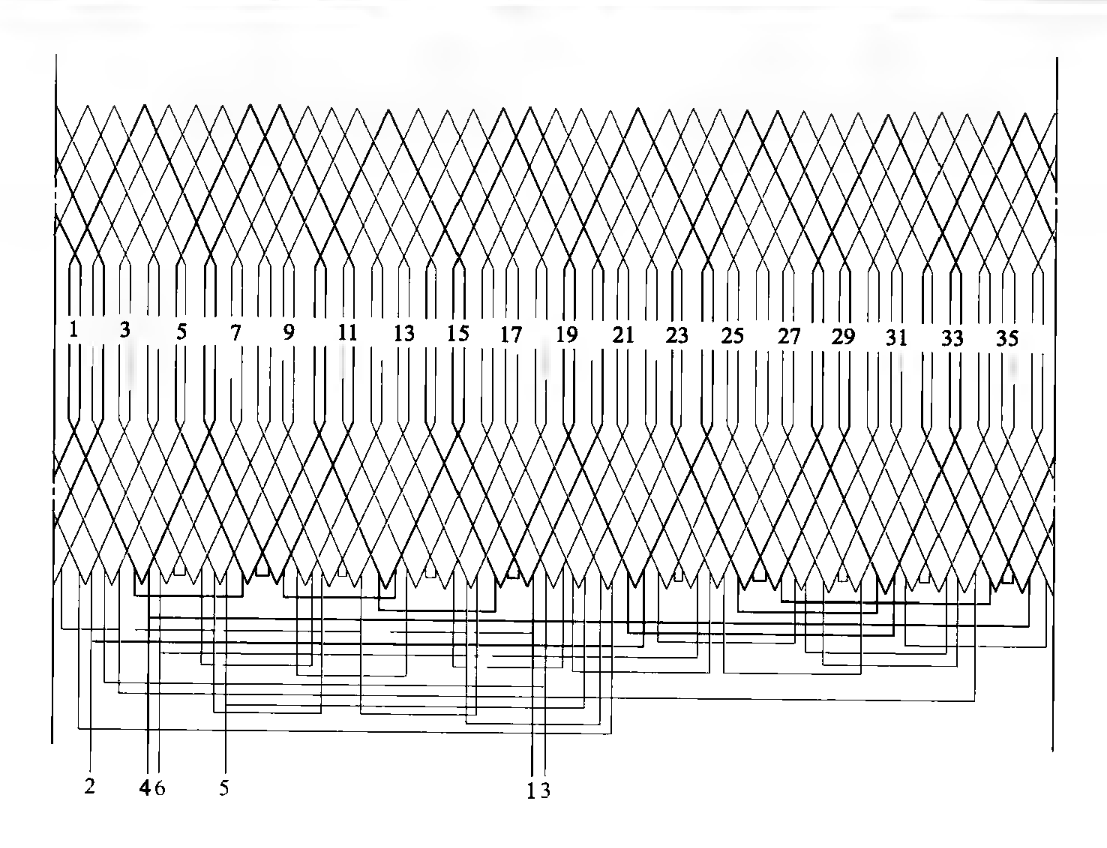


图 13-21（a） 绕组展开图

（$Z_1=36$，8/6 极，△/2Y，$y=1—6$）

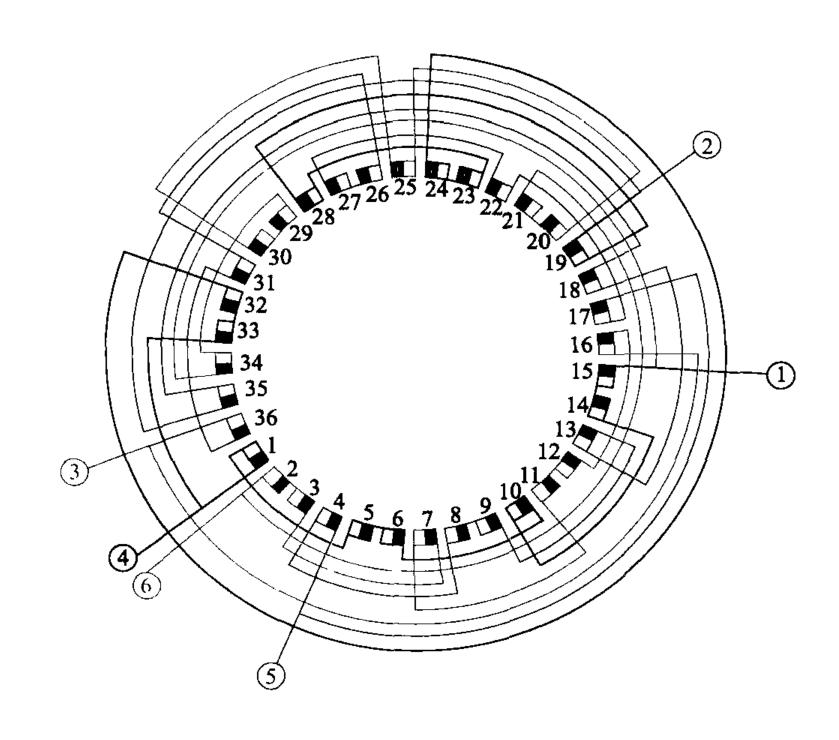


图 13-21（b） 接线圆图

（Z_1=36，8/6 极，△/2Y，y=1 -6）

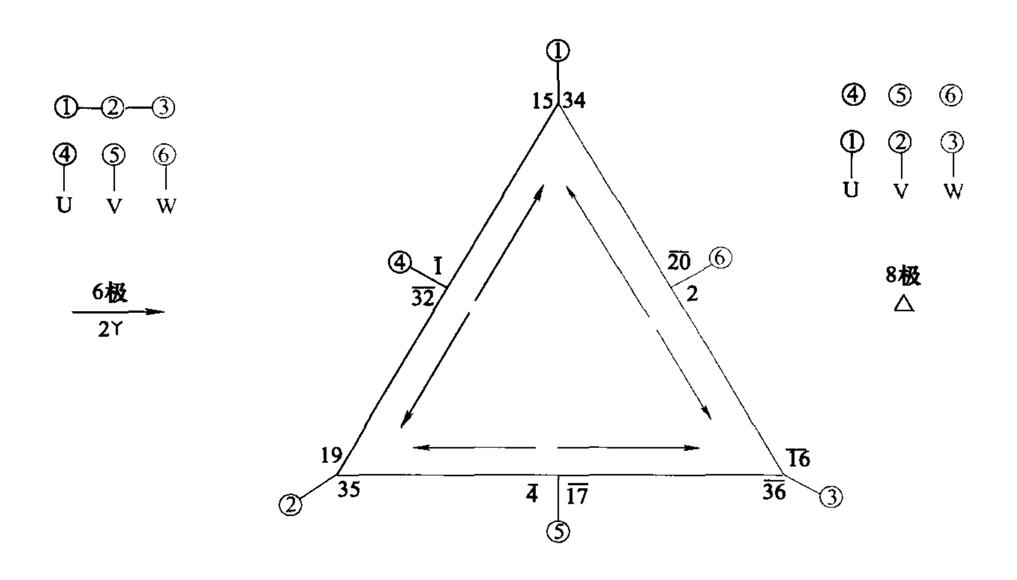


图 13-21（c） 接线简图

（Z_1=36，8/6 极，△/2Y，y=1 6）

13.22　36 槽 8/6 极、△/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（2）（图 13-22）

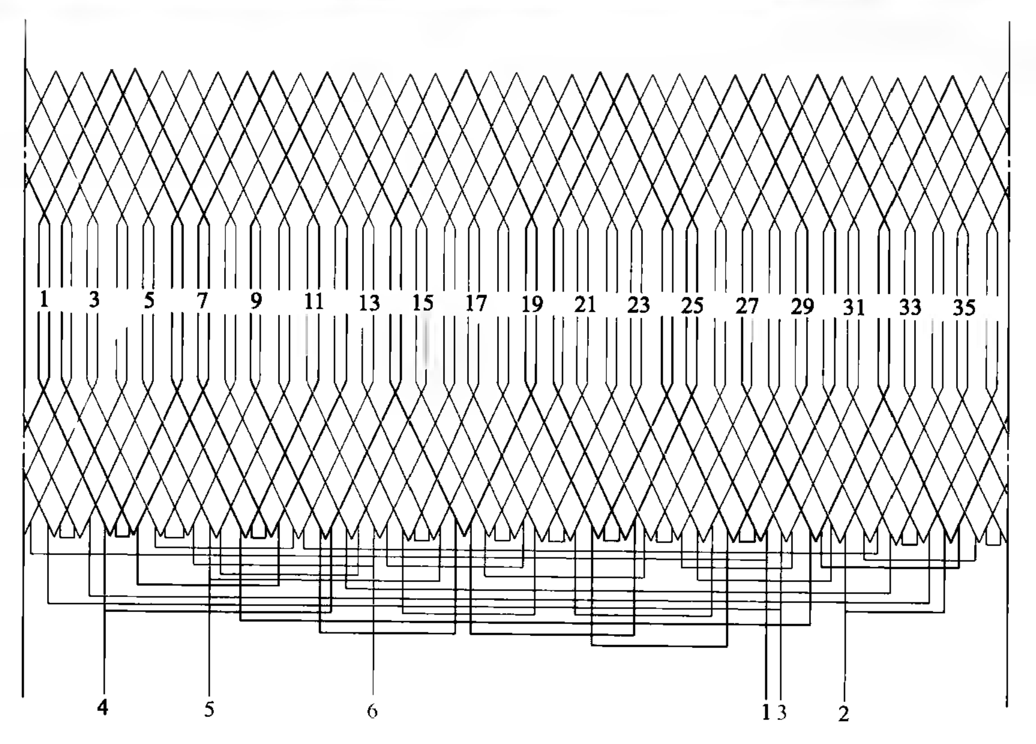


图 13-22（a）　绕组展开图

（Z_1=36，8/6 极，△/2Y，y=1—6）

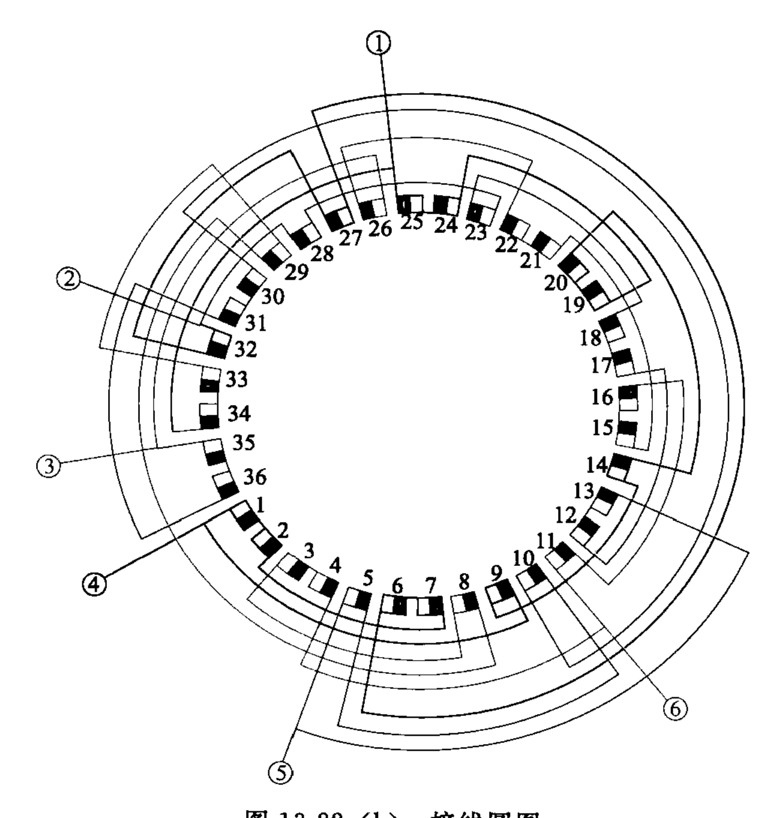


图 13-22（b）　接线圆图

（Z_1=36，8/6 极，△/2Y，y=1—6）

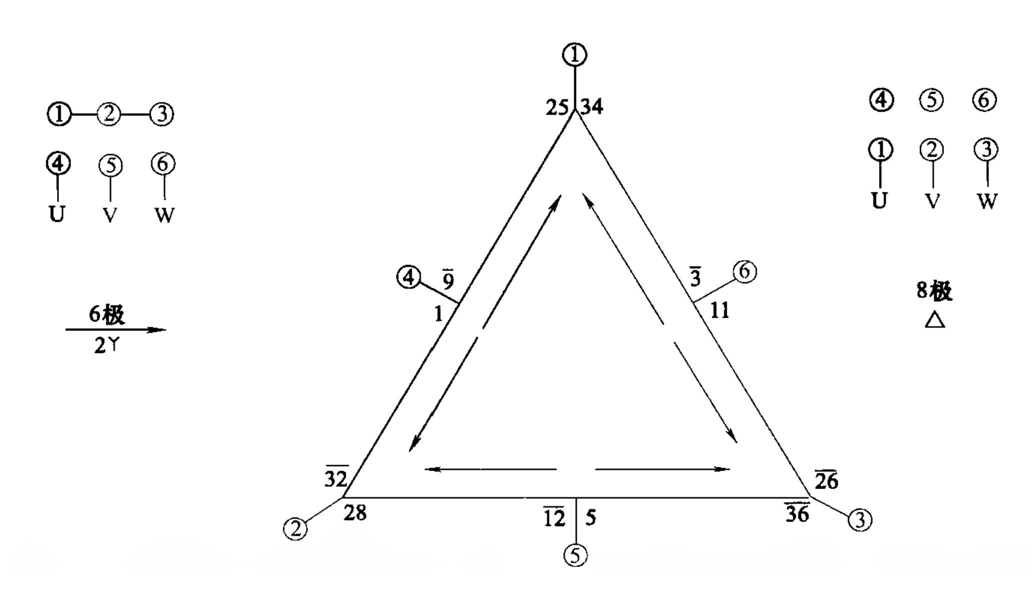


图 13-22（c）　接线简图

（Z_1=36，8/6 极，△/2Y，y=1—6）

13.23　36 槽 6/4 极、Y/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（1）（图 13-23）

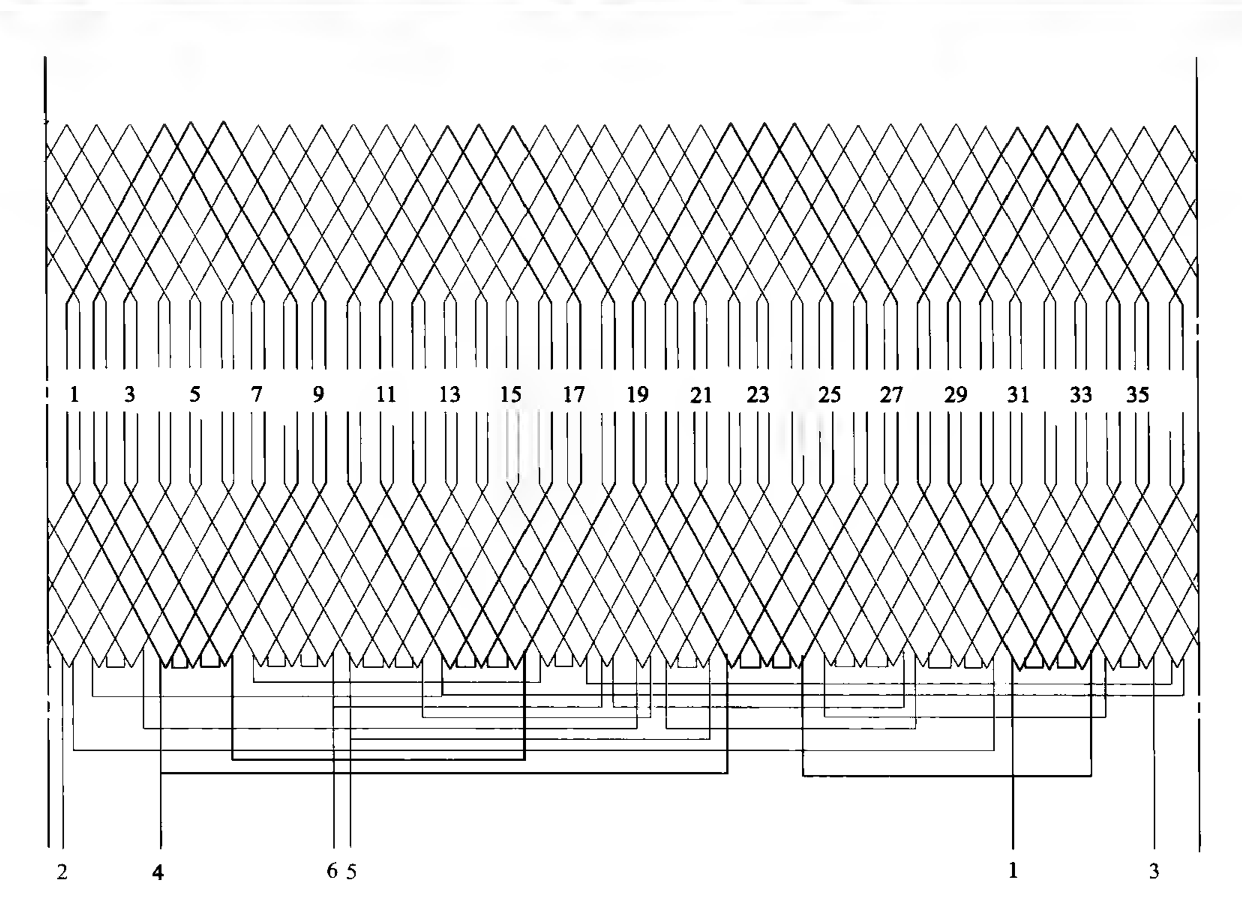


图 13-23（a）　绕组展开图

（Z_1=36，6/4 极，Y/2Y，y=1—7）

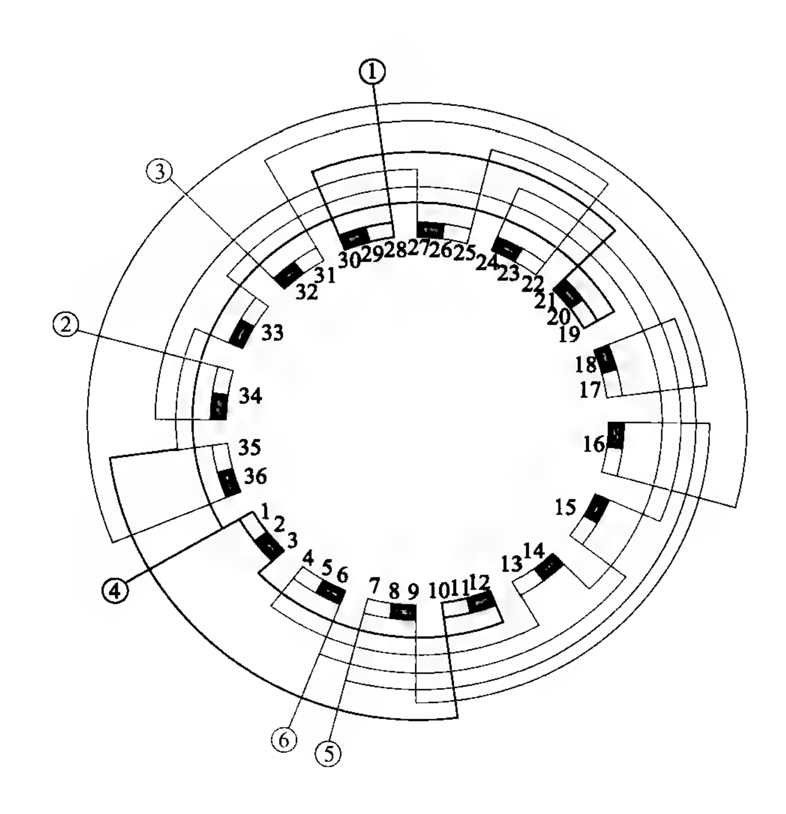


图 13-23（b）　接线圆图

（$Z_1=36$，6/4 极，Y/2Y，$y=1—7$）

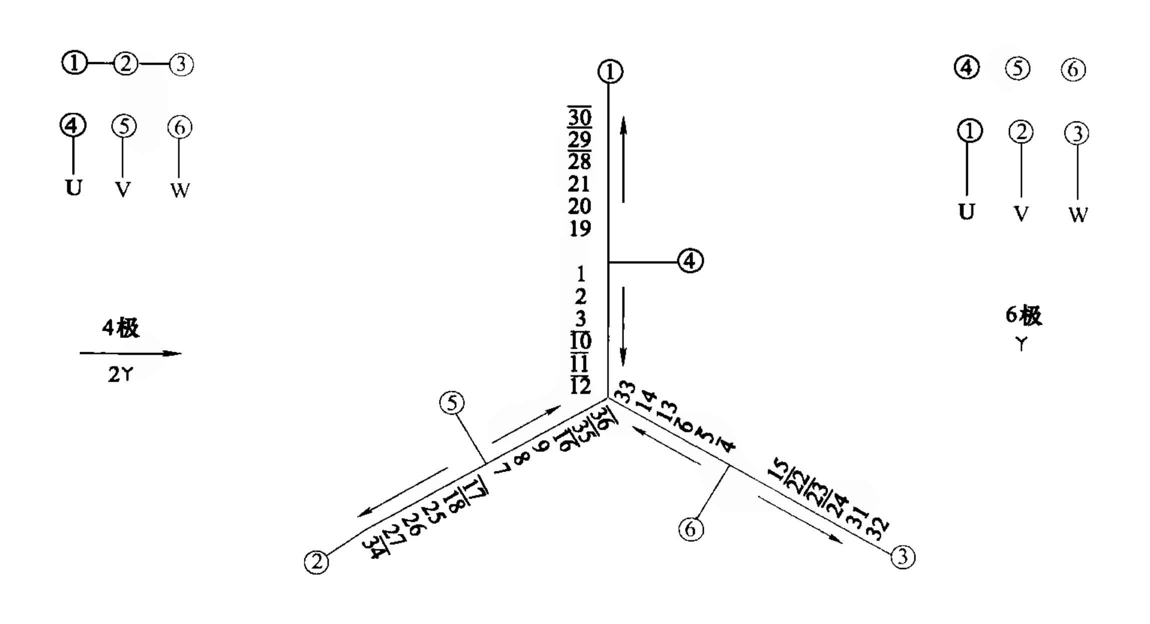


图 13-23（c）　接线简图

（$Z_1=36$，6/4 极，Y/2Y，$y=1-7$）

13.24　36 槽 6/4 极、Y/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（2）（图 13-24）



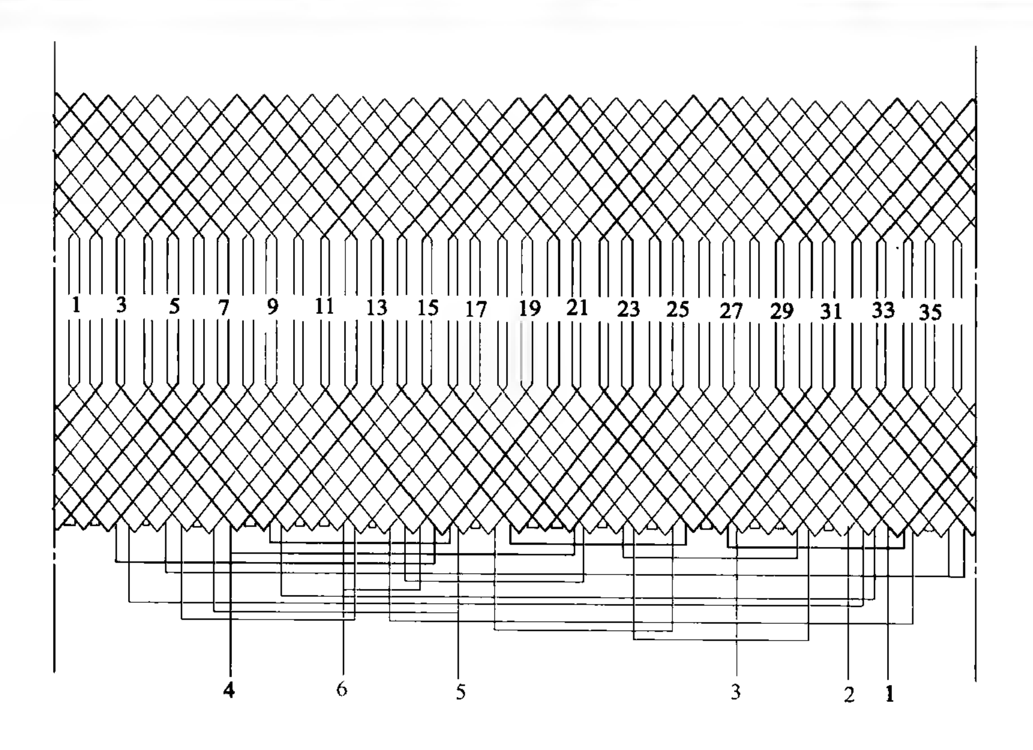


图 13-24（a）　绕组展开图

（Z_1=36，6/4 极，Y/2Y，y=1—10）

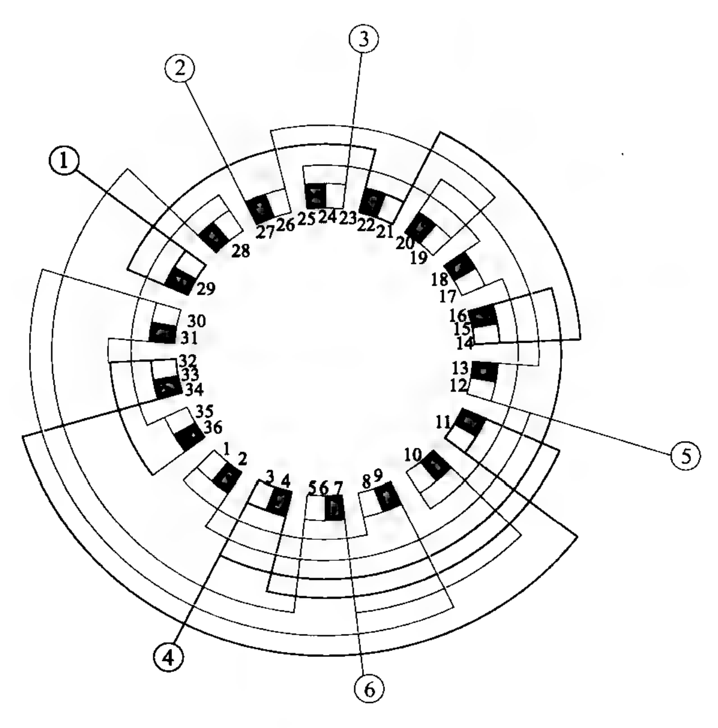


图 13-24（b）　接线圆图

（Z_1=36，6/4 极，Y/2Y，y=1—10）

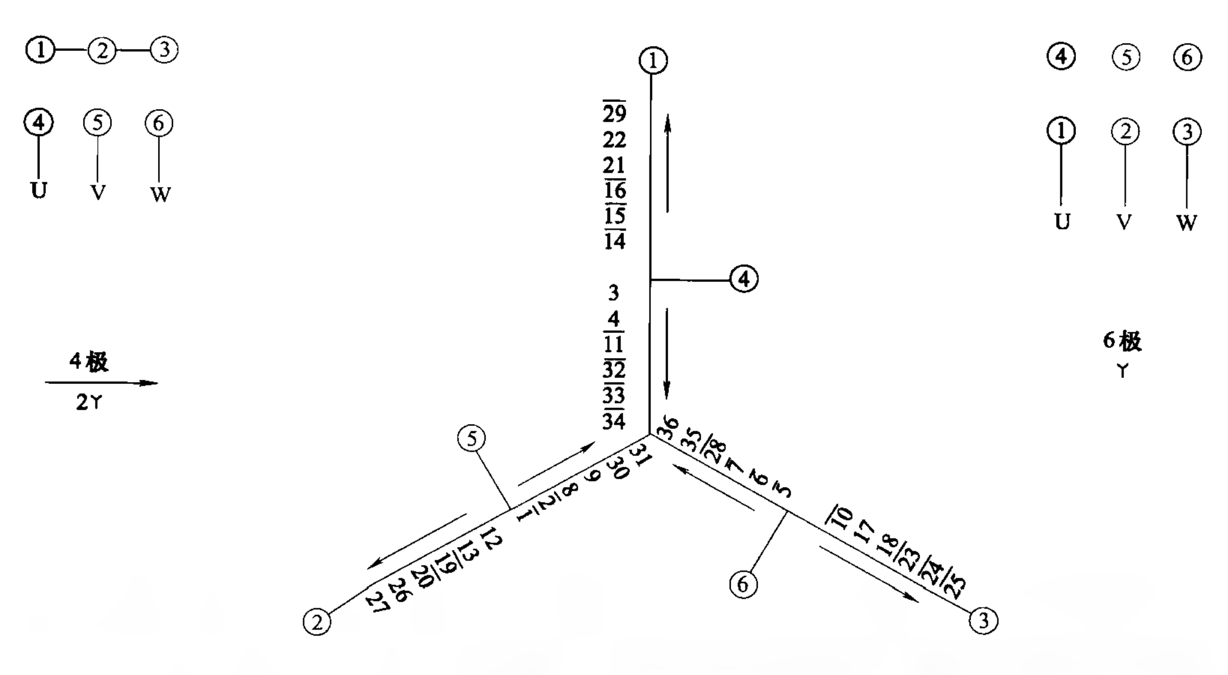


图 13-24（c）　接线简图

（Z_1＝36，6/4 极，Y/2Y，y＝1—10）

13.25　36 槽 8/6 极、Y/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-25）

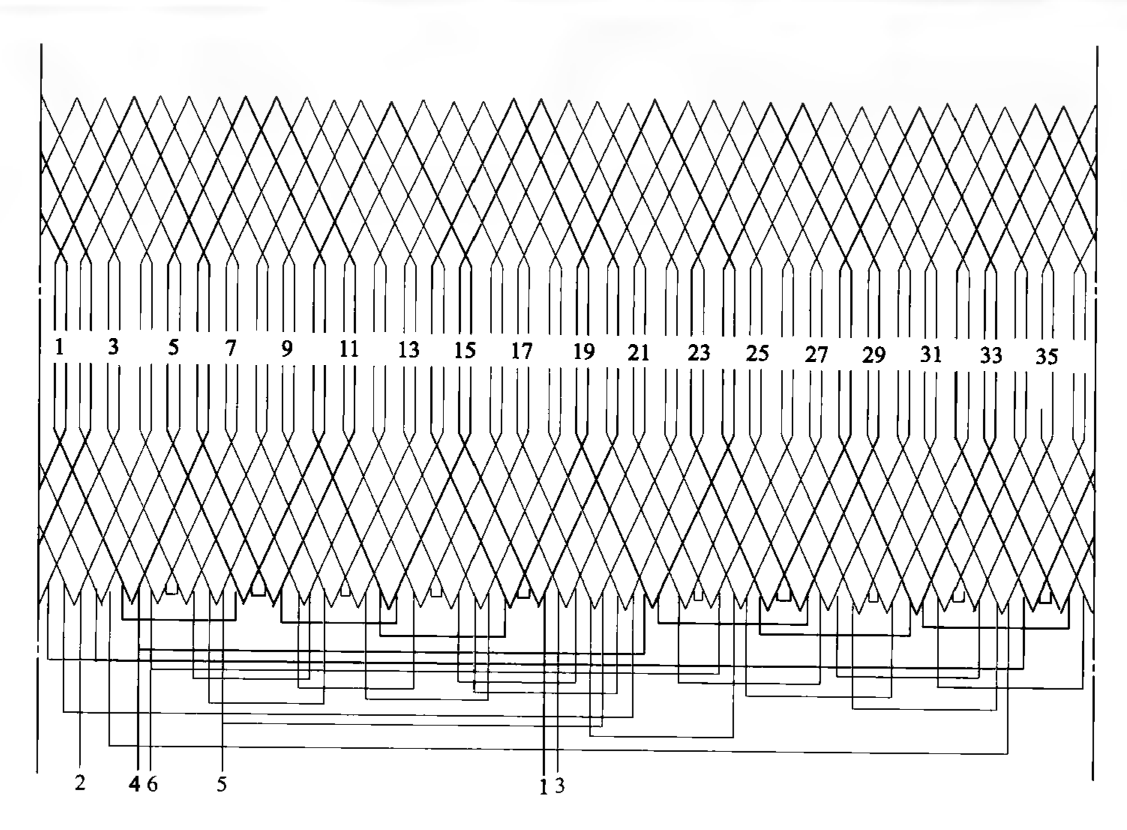


图 13-25（a）　绕组展开图

（Z_1＝36，8/6 极，Y/2Y，y＝1—6）

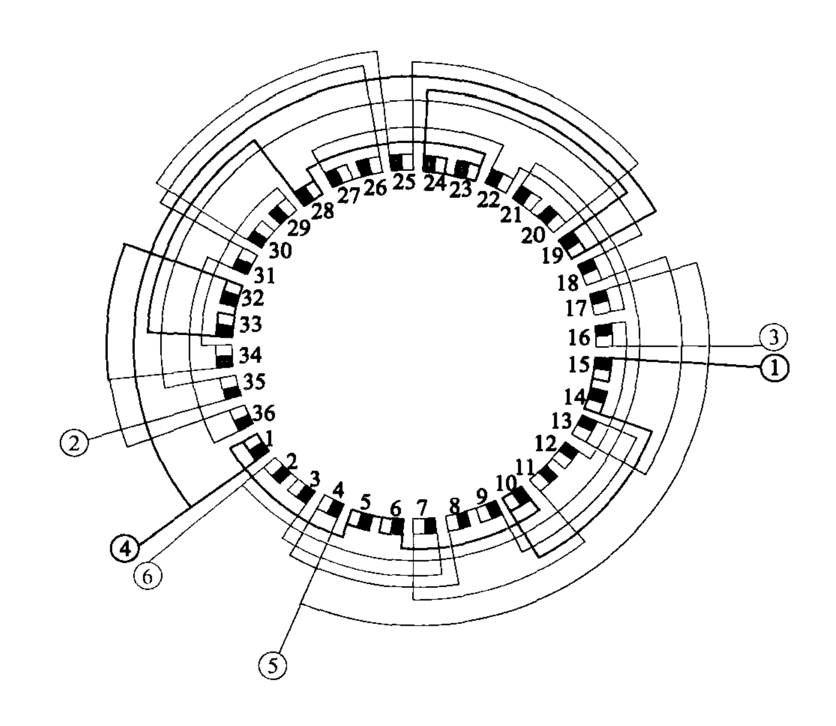


图 13-25（b） 接线圆图

（$Z_1=36$，8/6 极，Y/2Y，$y=1—6$）

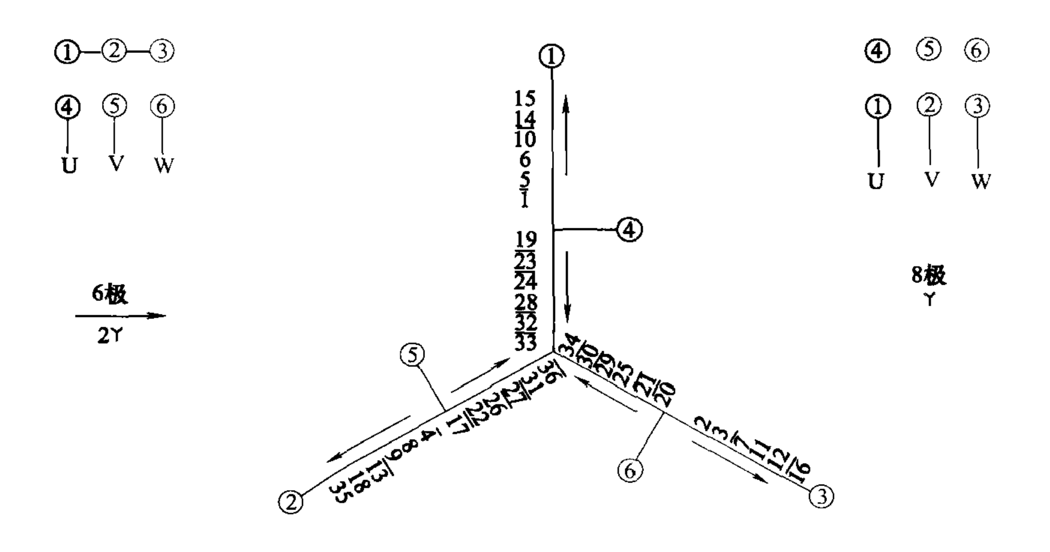


图 13-25（c） 接线简图

（$Z_1=36$，8/6 极，Y/2Y，$y=1—6$）

13.26 54 槽 8/6 极、△/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-26）



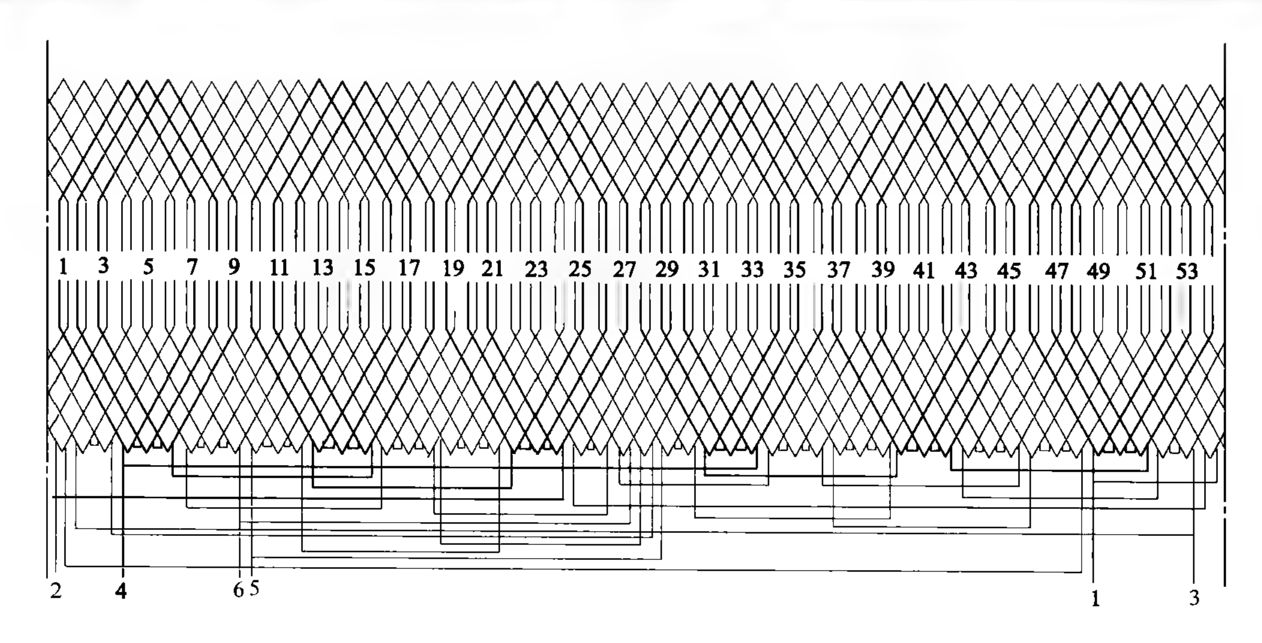


图 13-26（a） 绕组展开图

（Z_1=54，8/6 极，△/2Y，y=1—7）

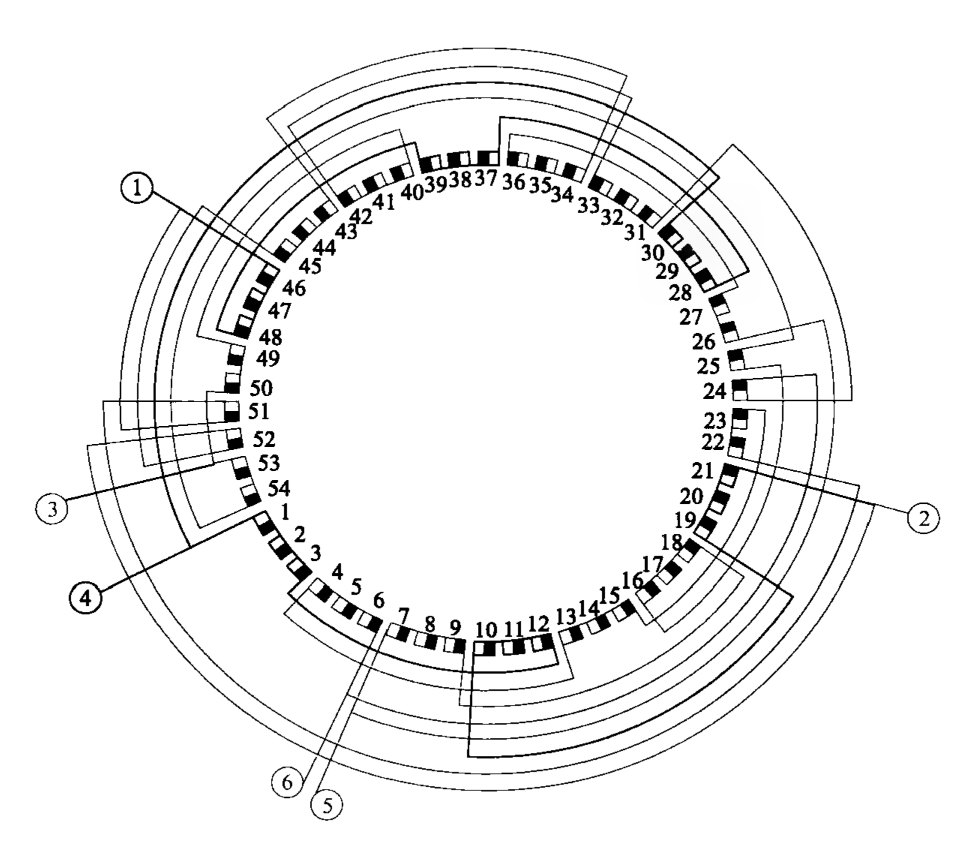


图 13-26（b） 接线圆图

（Z_1=54，8/6 极，△/2Y，y=1—7）

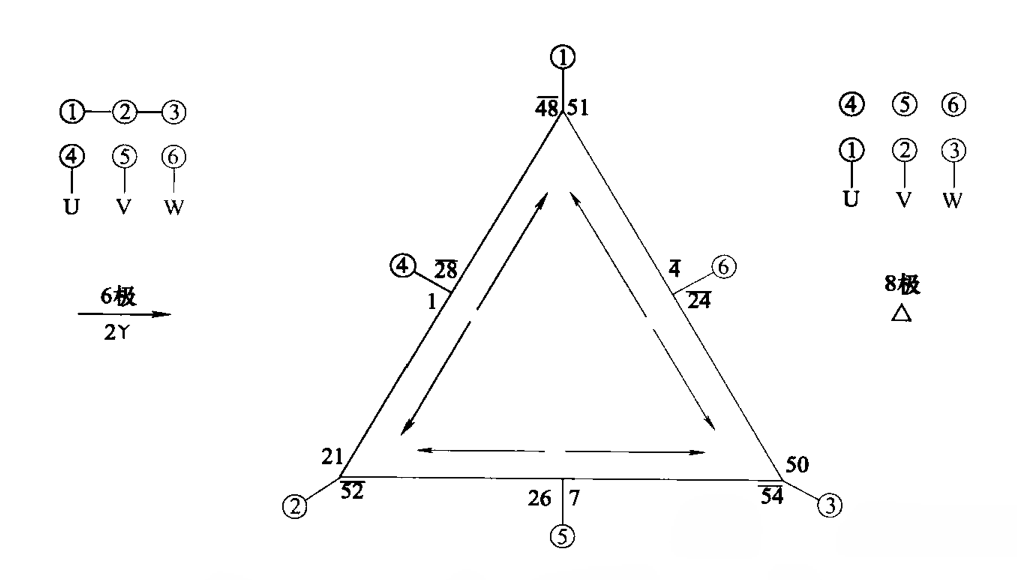


图 13-26（c）　接线简图

（Z_1=54，8/6 极，△/2Y，y=1　7）

13.27　54 槽 8/6 极、Y/2Y 接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13 27）

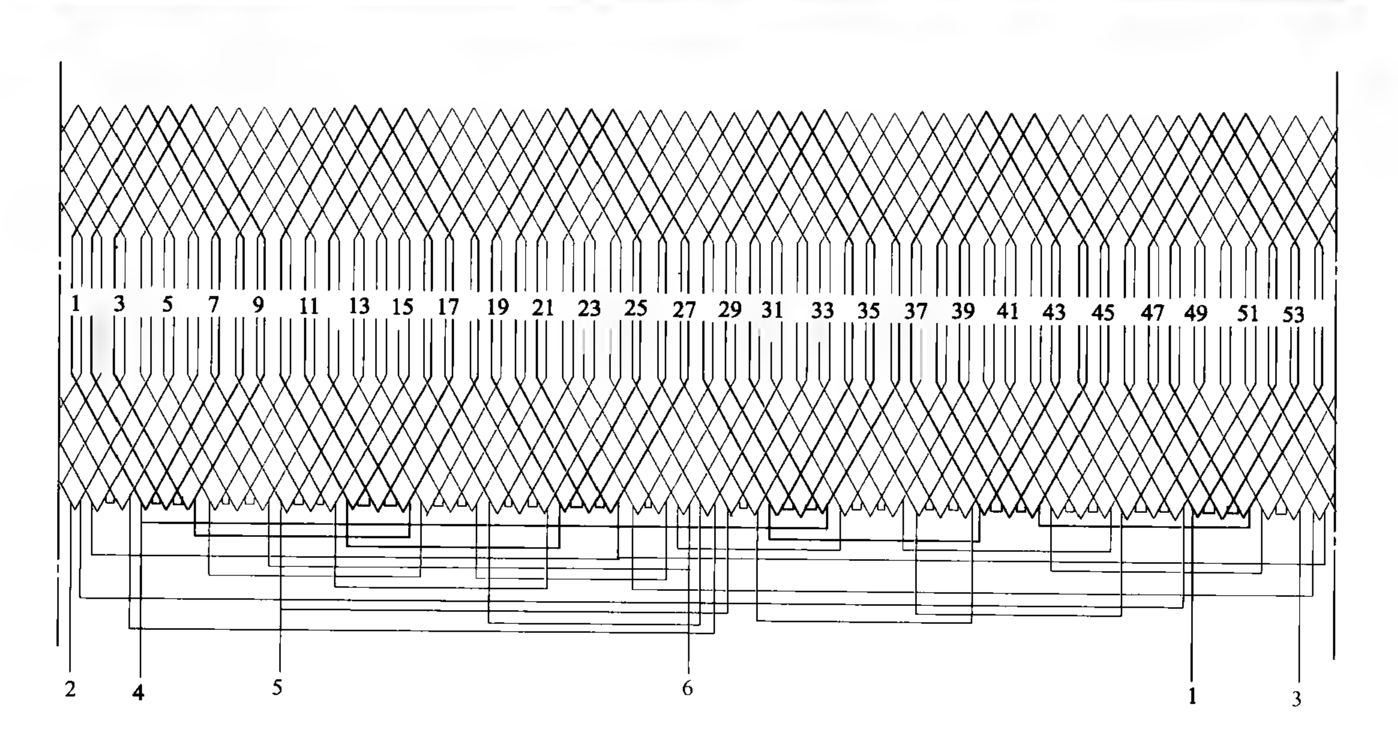


图 13-27（a）　绕组展开图

（Z_1=54，8/6 极，Y/2Y，y=1—7）

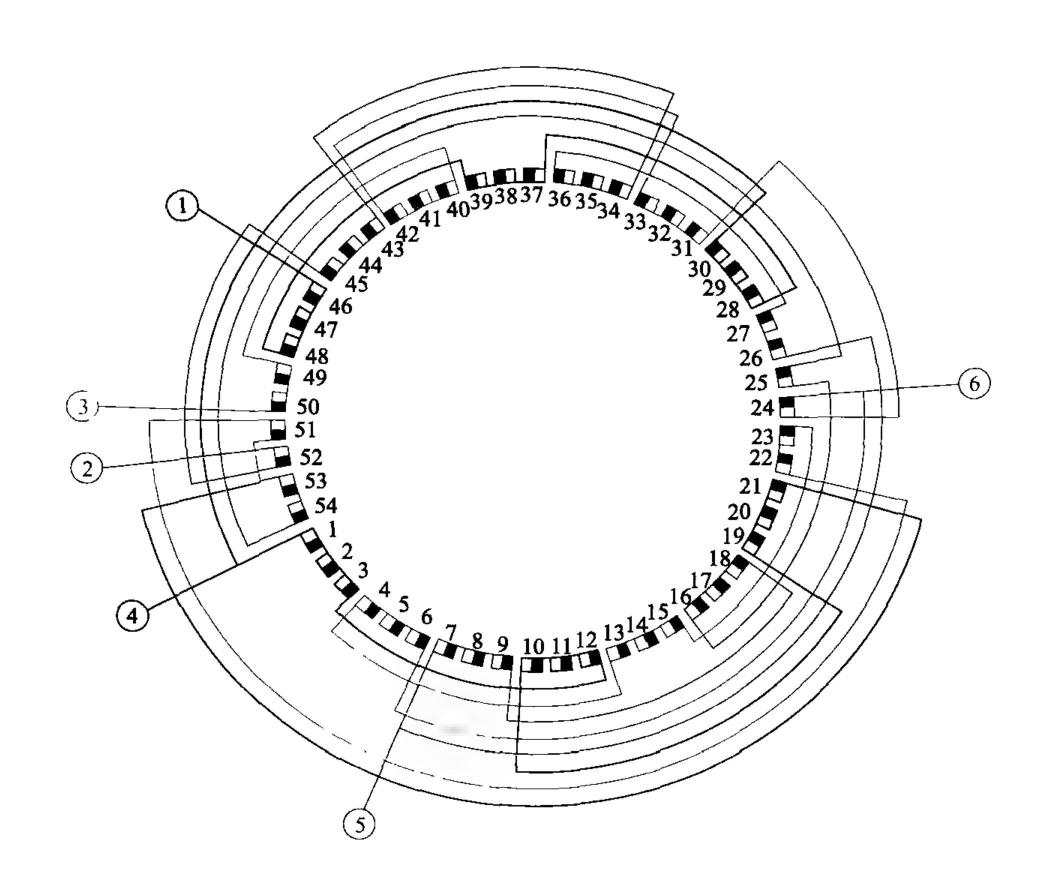


图 13-27（b） 接线圆图

（$Z_1=54$，8/6 极，Y/2Y，$y=1—7$）

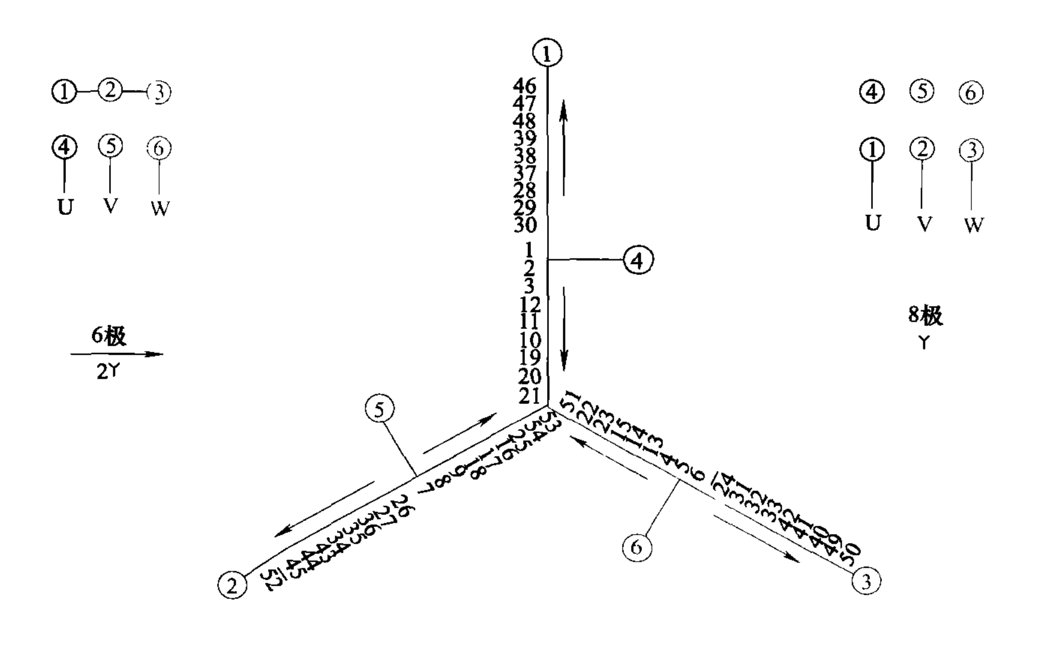


图 13-27（c） 接线简图

（$Z_1=54$，8/6 极，Y/2Y，$y=1—7$）

13.28　36槽6/4/2极，3Y/△/△接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图13.28）

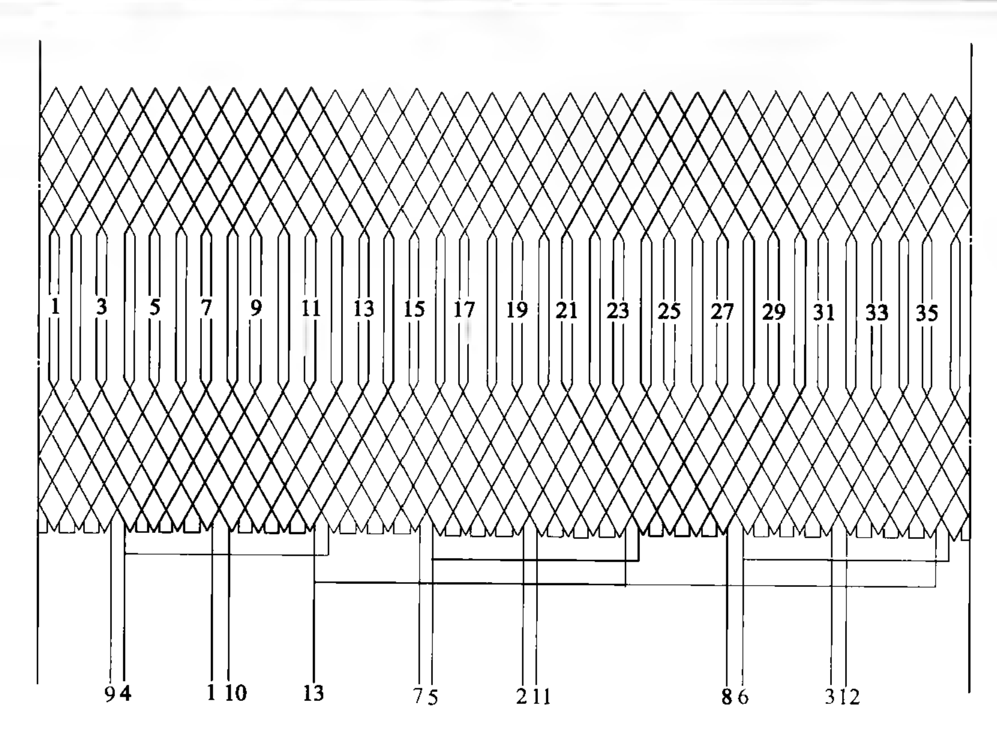


图13-28（a）　绕组展开图

（Z_1=36，6/4/2极，3Y/△/△，y=1—7）

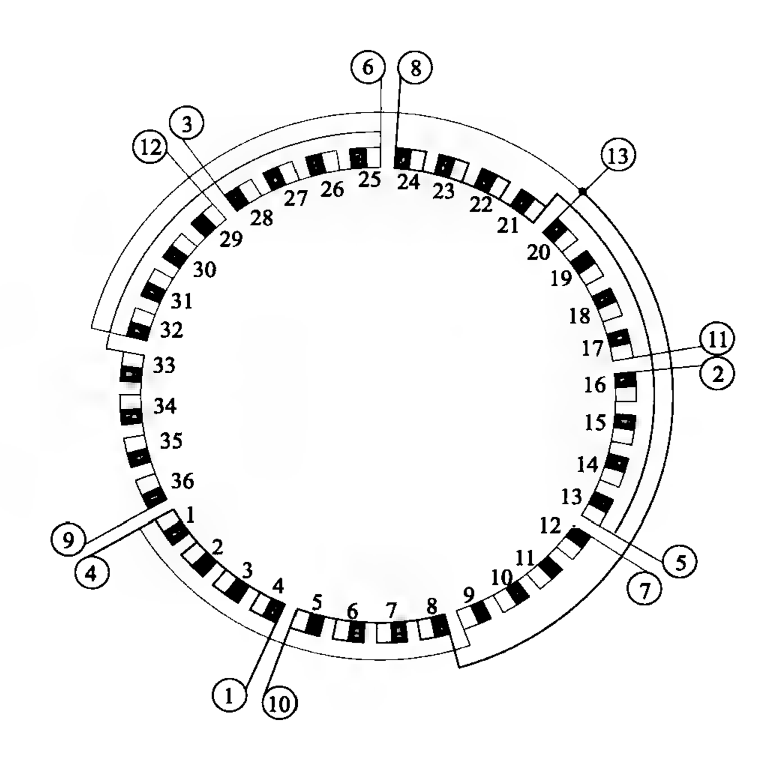


图13-28（b）　接线圆图

（Z_1=36，6/4/2极，3Y/△/△，y=1　7）

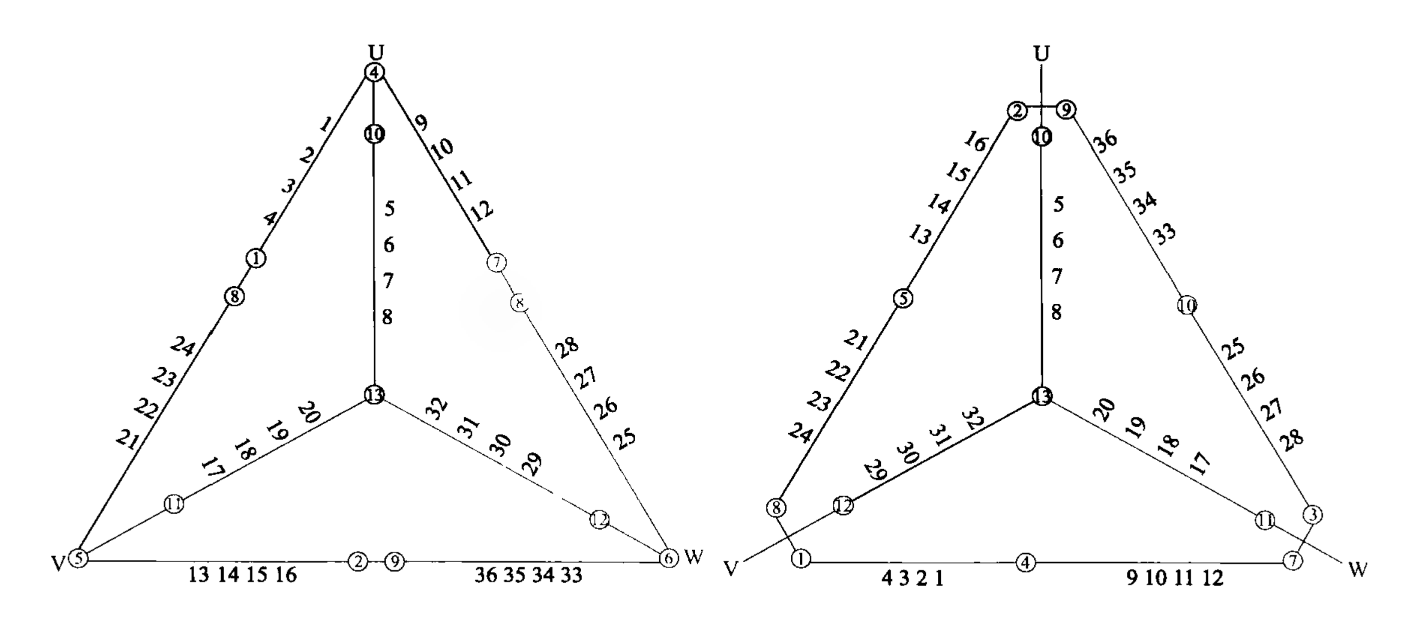


图 13-28（c） 接线简图（一）

（Z_1=36，2 极，△，y=1—7）

图 13-28（d） 接线简图（二）

（Z_1=36，4 极，△，y=1—7）

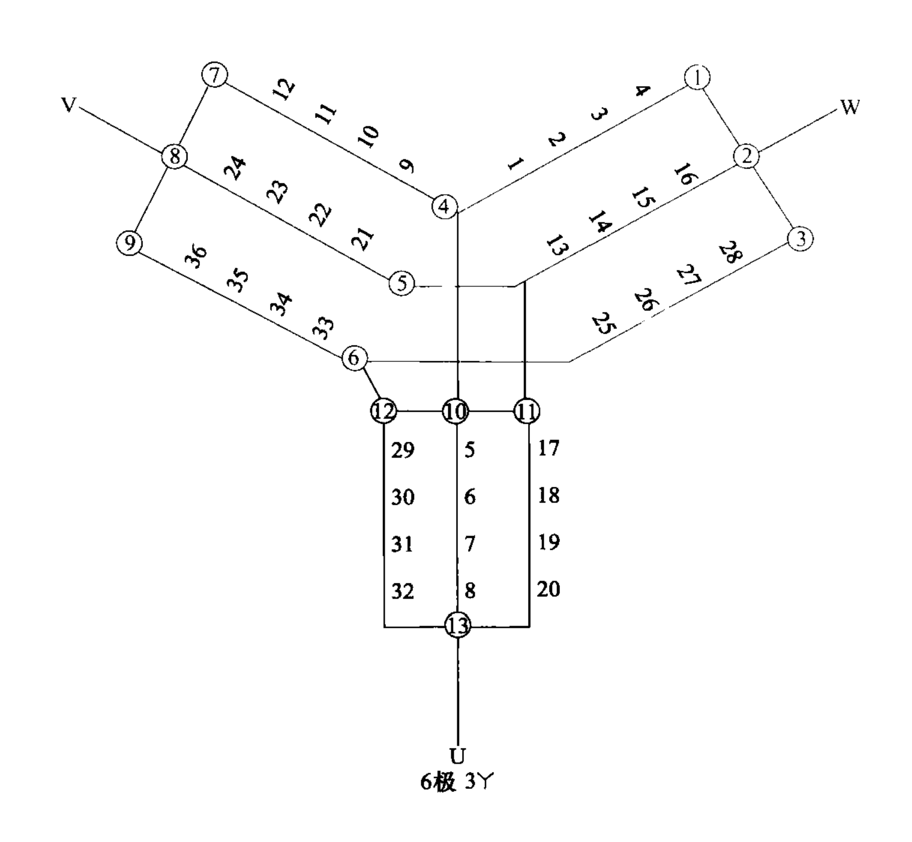


图 13-28（e） 接线简图（三）

（Z_1=36，6 极，3Y，y=1—7）

13.29　36 槽 8/4/2 极，2Y/2△/2△接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-29）

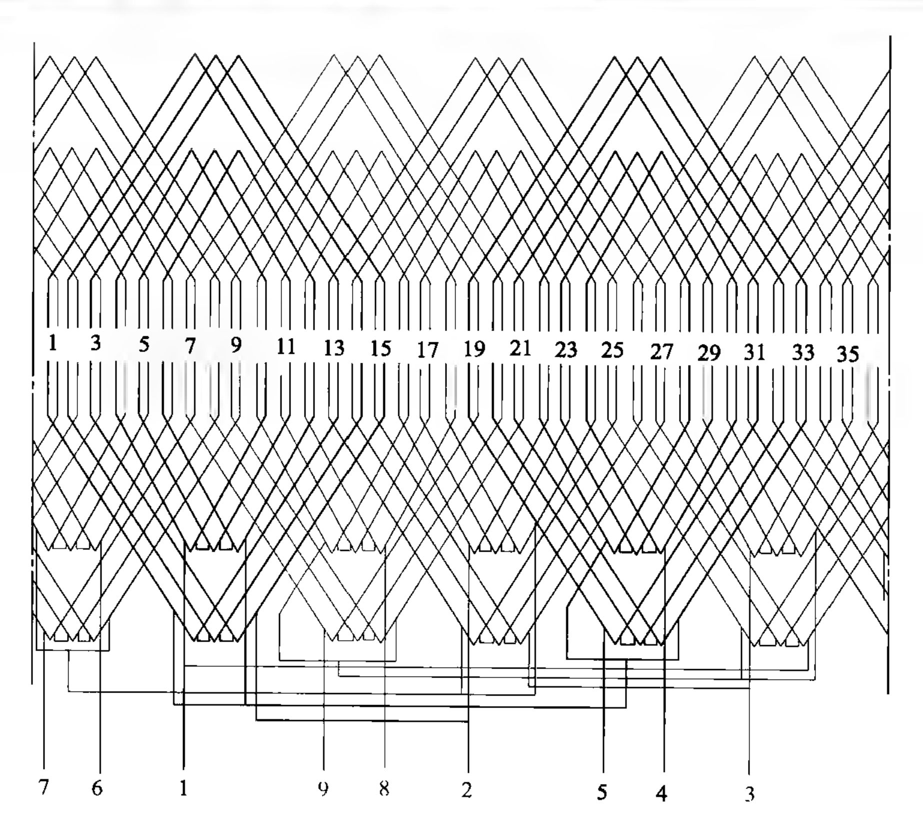


图 13-29（a）　绕组展开图

（$Z_1=36$，8/4/2 极，2Y/2△/2△，$y=\begin{matrix}1-7\\1-13\end{matrix}$）

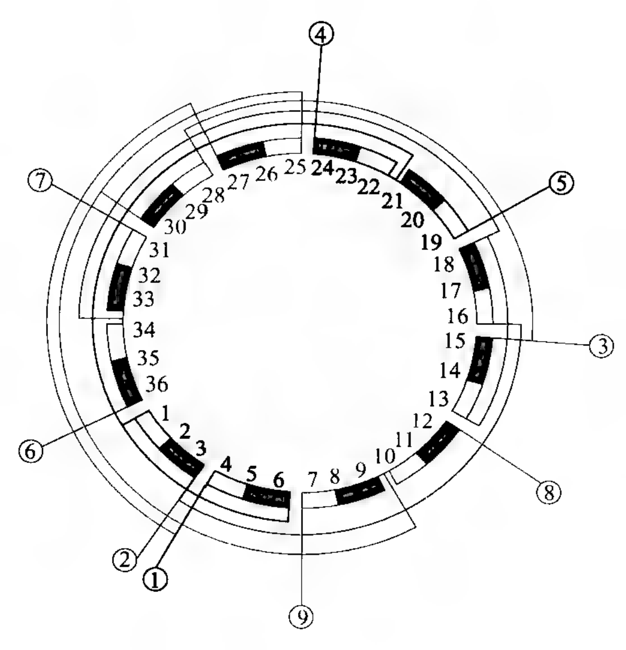


图 13-29（b）　接线圆图

（$Z_1=36$，8/4/2 极，2Y/2△/2△，$y=\begin{matrix}1-7\\1-13\end{matrix}$）

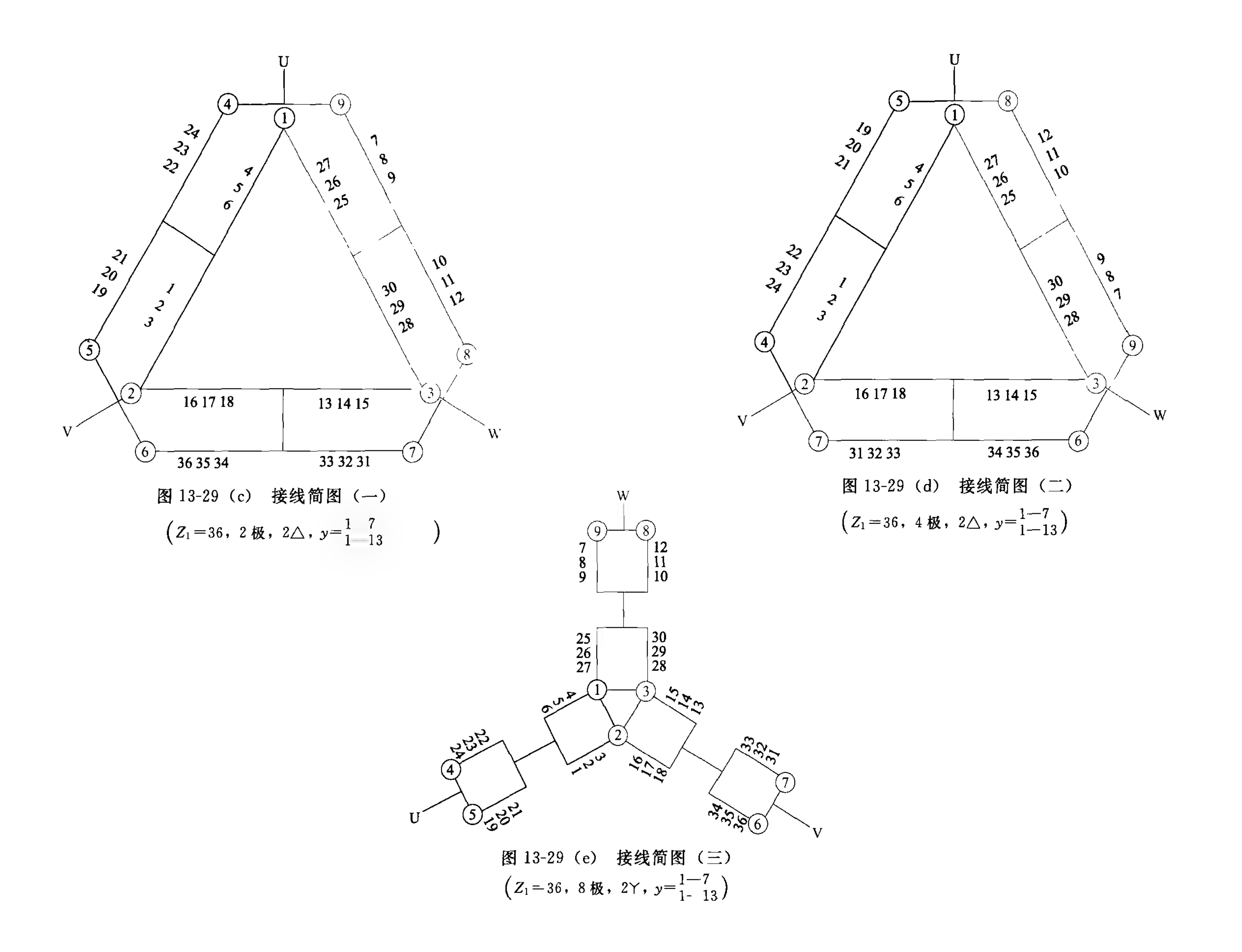


图 13-29 (c) 接线简图（一）

($Z_1=36$，2 极，2△，$y=\frac{1-7}{1-13}$)

图 13-29 (d) 接线简图（二）

($Z_1=36$，4 极，2△，$y=\frac{1-7}{1-13}$)

图 13-29 (e) 接线简图（三）

($Z_1=36$，8 极，2Y，$y=\frac{1-7}{1-13}$)

13.30　48 槽 8/4/2 极，2Y/2△/2△接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图 13-30）

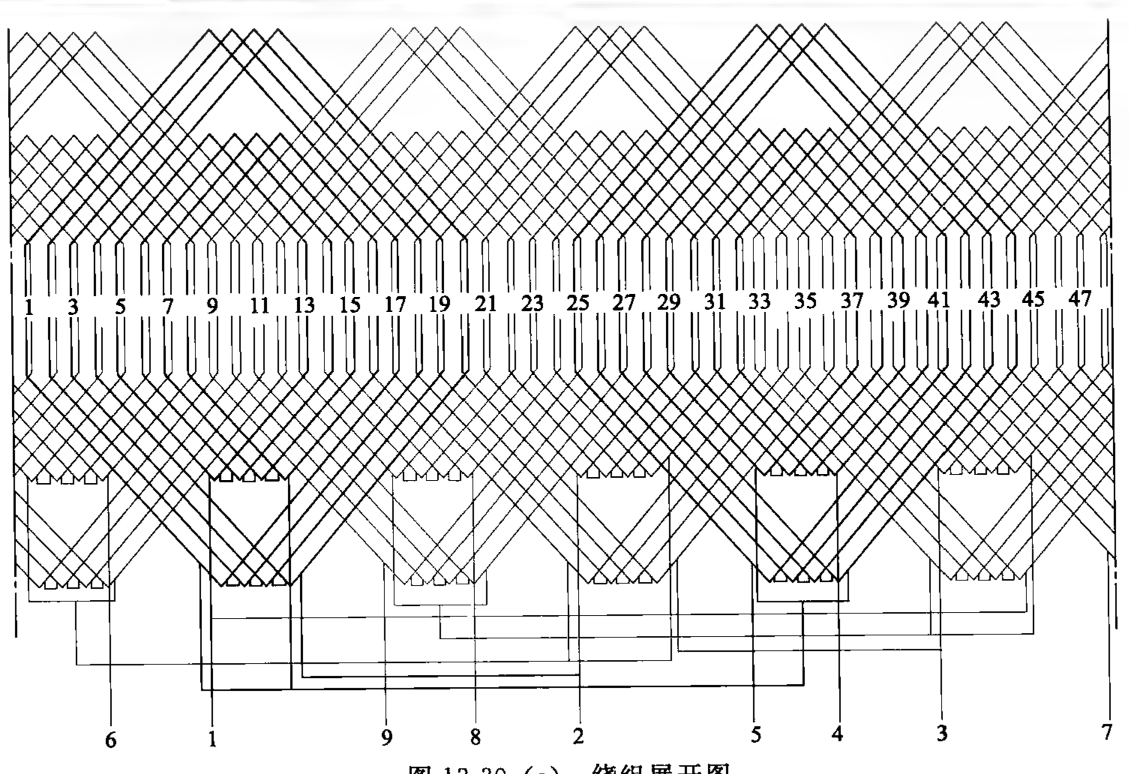


图 13-30（a）　绕组展开图

$\left(Z_1=48，8/4/2 极，2Y/2\triangle/2\triangle，y=\frac{1-9}{1-17}\right)$

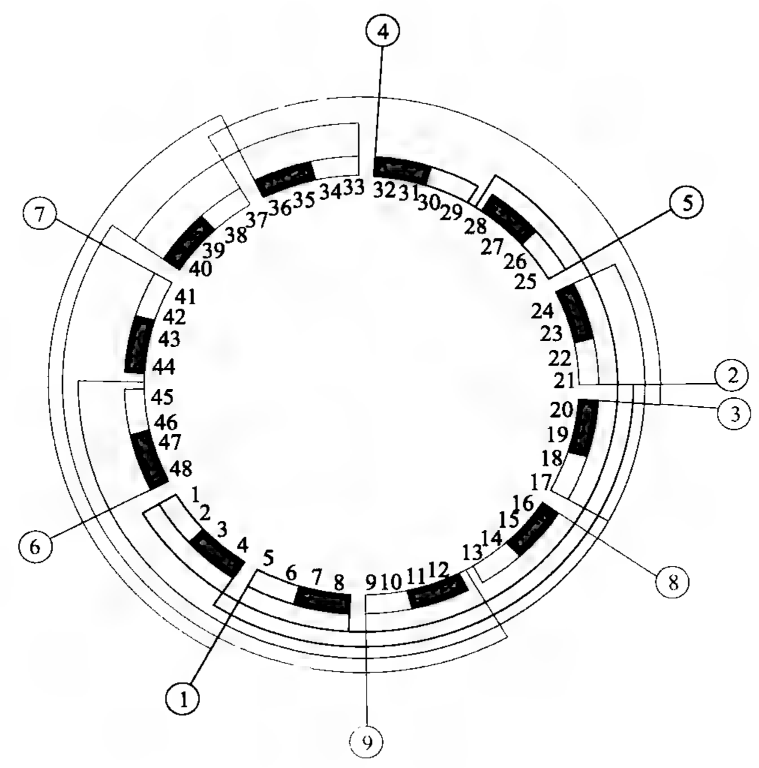


图 13-30（b）　接线圆图

$\left(Z_1=48，8/4/2 极，2Y/2\triangle/2\triangle，y=\frac{1-9}{1-17}\right)$

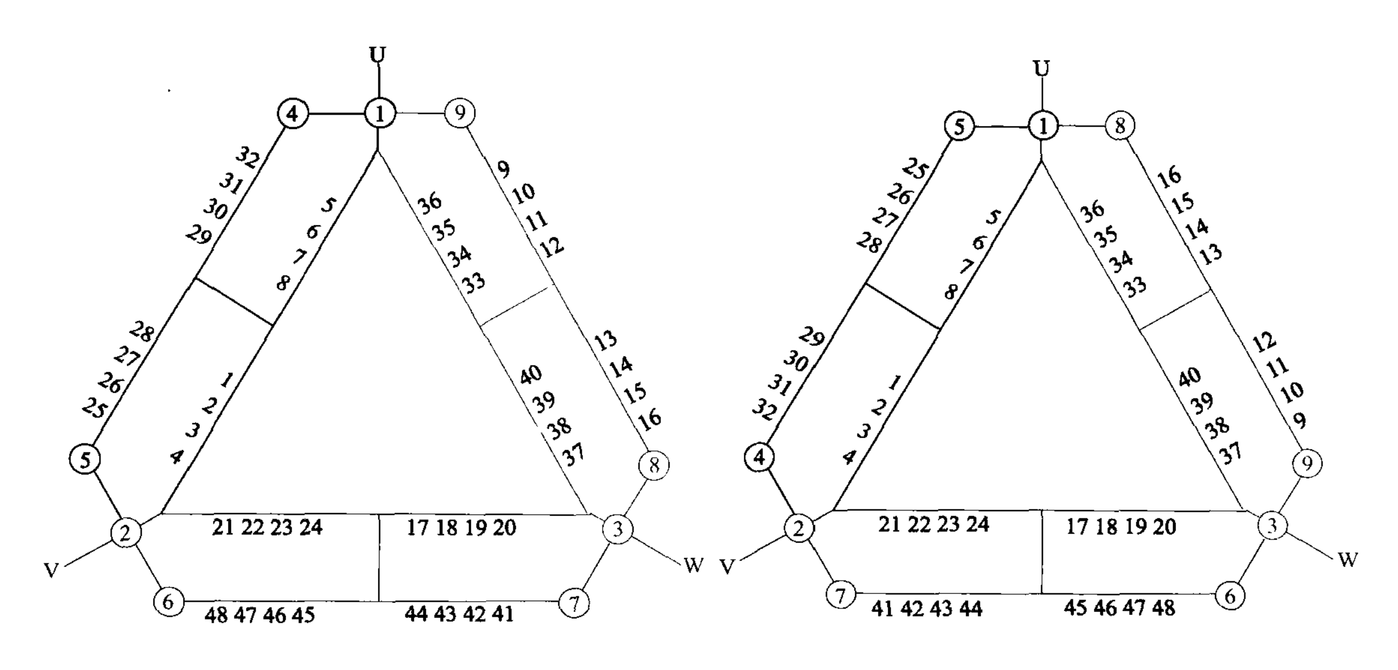


图 13-30（c） 接线简图（一）

$\left(Z_1=48，2\text{极}，2\triangle，y=\frac{1-9}{1-17}\right)$

图 13-30（d） 接线简图（二）

$\left(Z_1=48，4\text{极}，2\triangle，y=\frac{1-9}{1-17}\right)$

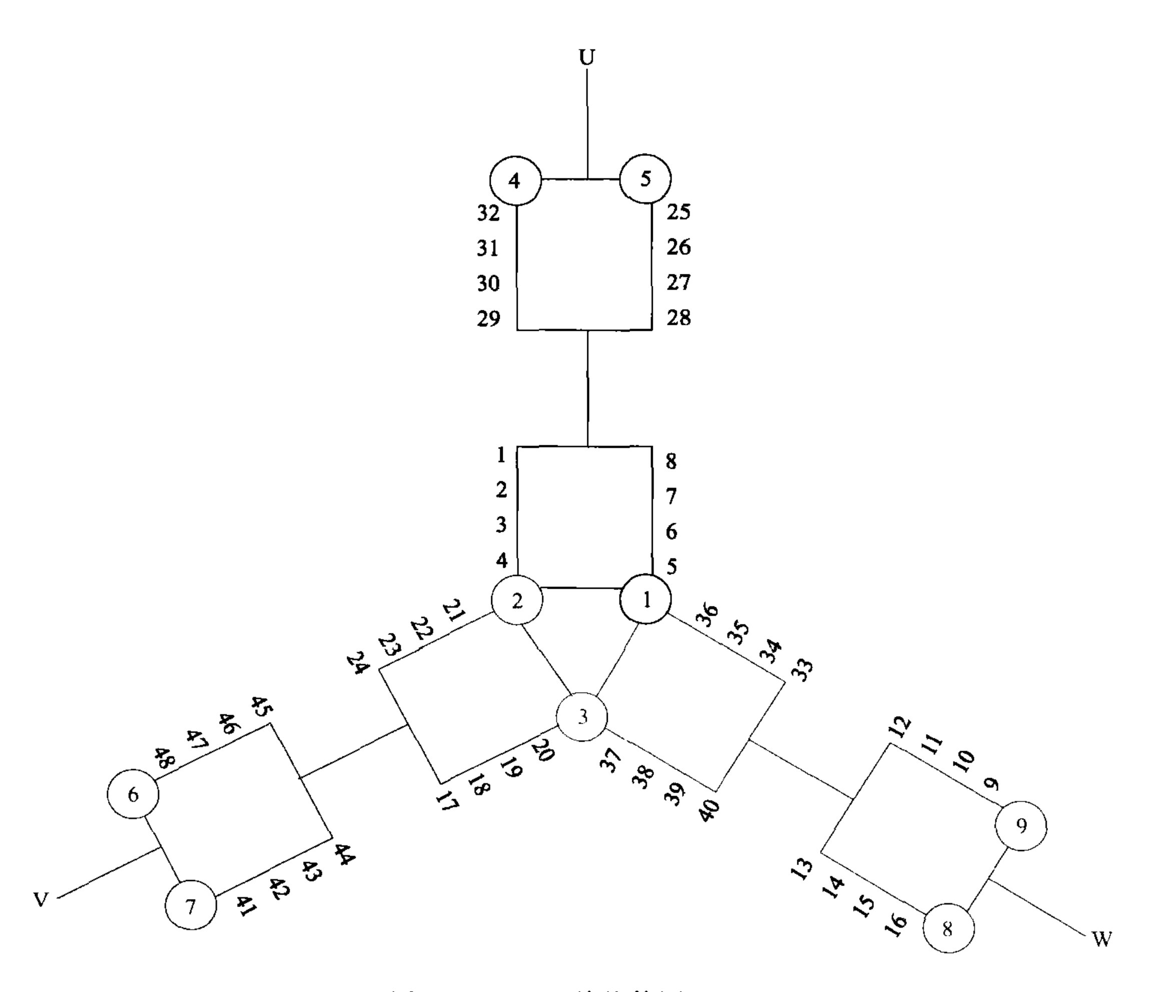
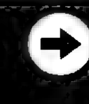


图 13-30（e） 接线简图（三）

$\left(Z_1=48，8\text{极}，2\curlyvee，y=\frac{1-9}{1-17}\right)$

13.31 36槽8/6/4极，2Y/2Y/2Y接法绕组展开图、接线圆图与接线简图（图13-31）



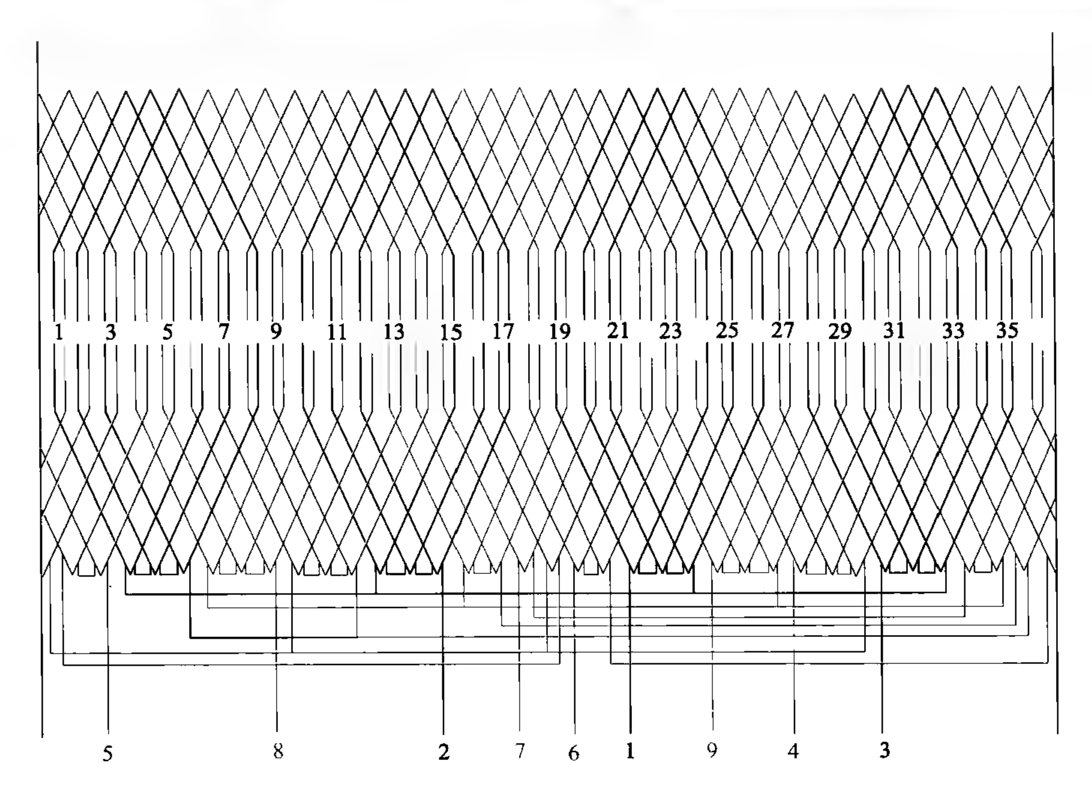


图 13-31（a） 绕组展开图

（Z_1=36，8/6/4 极，2Y/2Y/2Y，y=1—6）

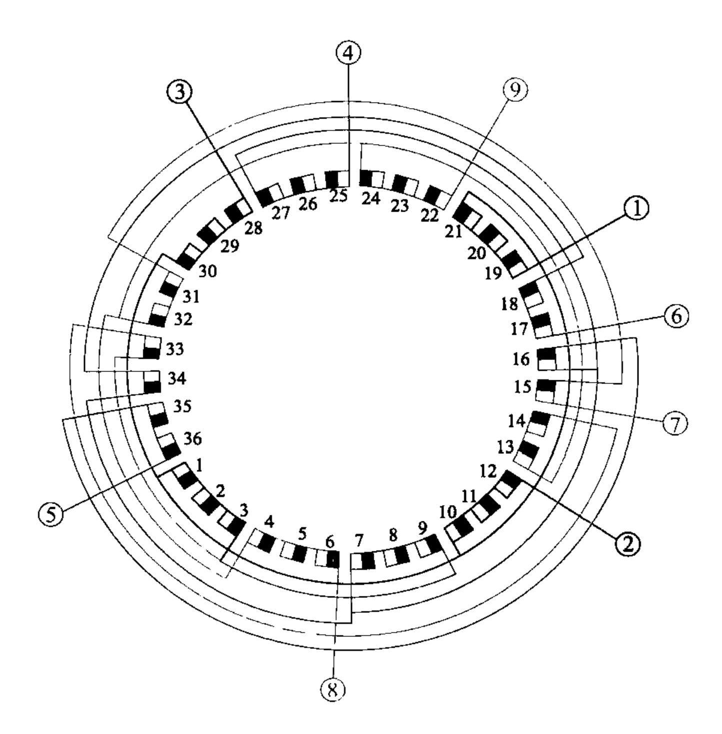


图 13-31（b） 接线圆图

（Z_1－36，8/6/4 极，2Y/2Y/2Y，y=1—6）

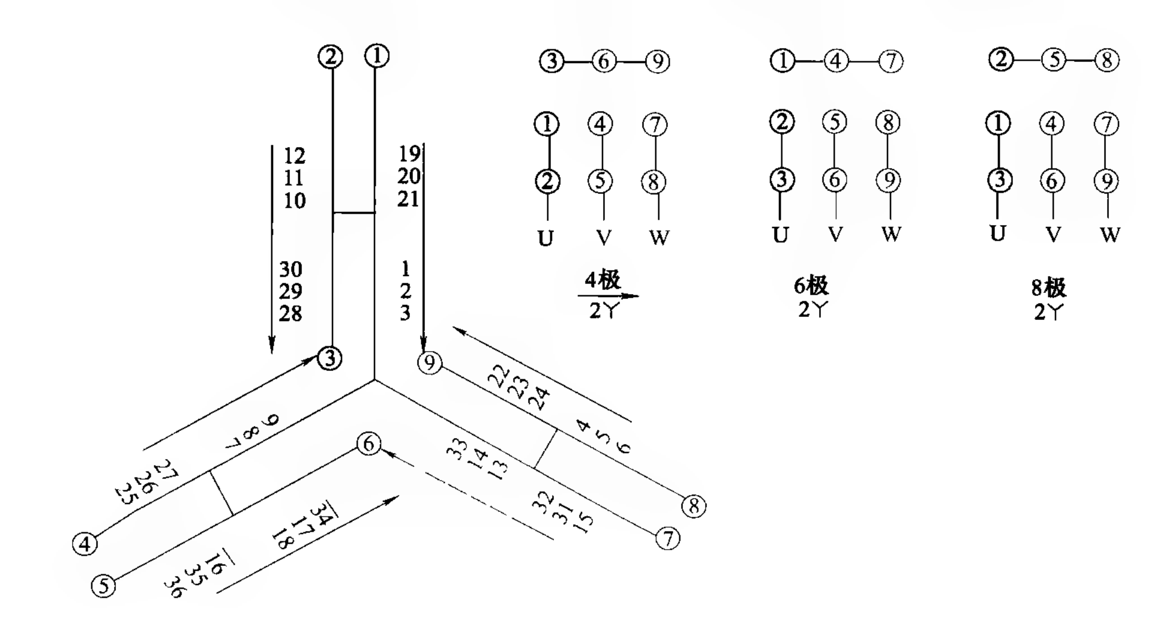
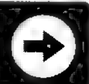


图 13-31（c） 接线简图

（$Z_1=36$，8/6/4 极，2Y/2Y/2Y，$y=1—6$）

第14章 三相异步电机转子绕组展开图



14.1 4极54槽双层波绕组展开图（图14-1）

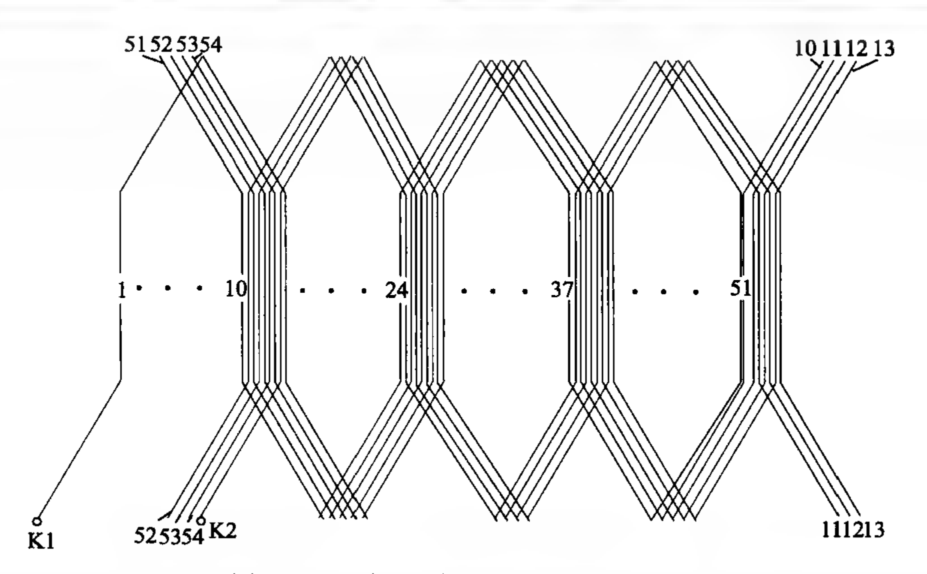
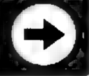


图14-1 4极54槽双层波绕组展开图

（$2p=4$，$Z_2=54$，$y_1=1—14$，$y_2=1—15$，过渡1—14，出线槽$K_1=1$，$K_2=14$，$L_1=19$，$L_2=32$，$M_1=37$，$M_2=50$）

注：$2p$——转子绕组极数；Z_2——转子槽数；y_1——第一节距；y_2——第二节距



14.2 4极54槽换位双层波绕组展开图（图14-2）

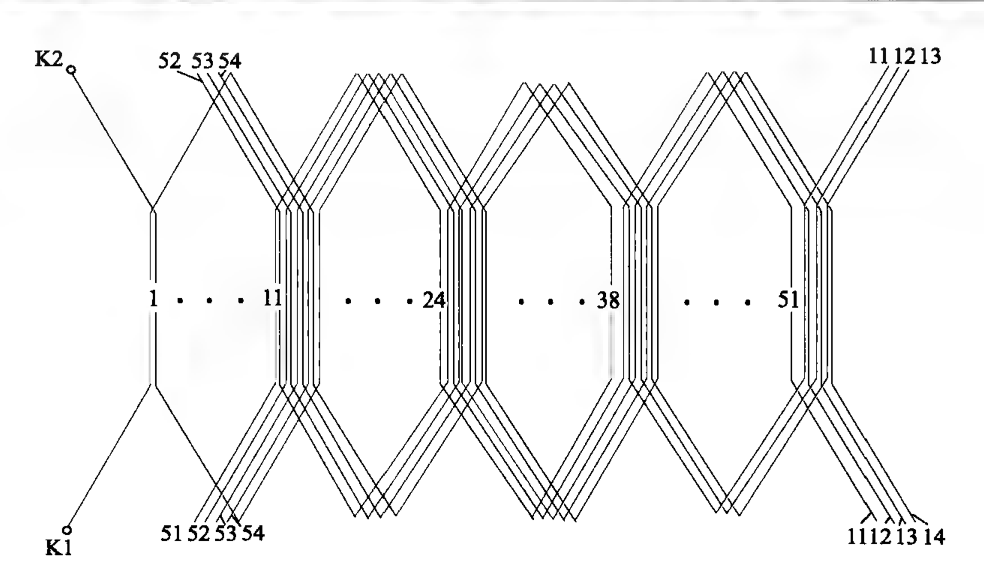


图14-2 4极54槽换位双层波绕组展开图

（$2p=4$，$Z_2=54$，$y_1=1—14$，$y_2=1—15$，过渡1—14，出线槽$K=1$，$L=19$，$M=37$，换位槽$K_0=38$，$L_0=2$，$M_0=20$）

14.3　6 极 54 槽双层波绕组展开图（图 14 3）



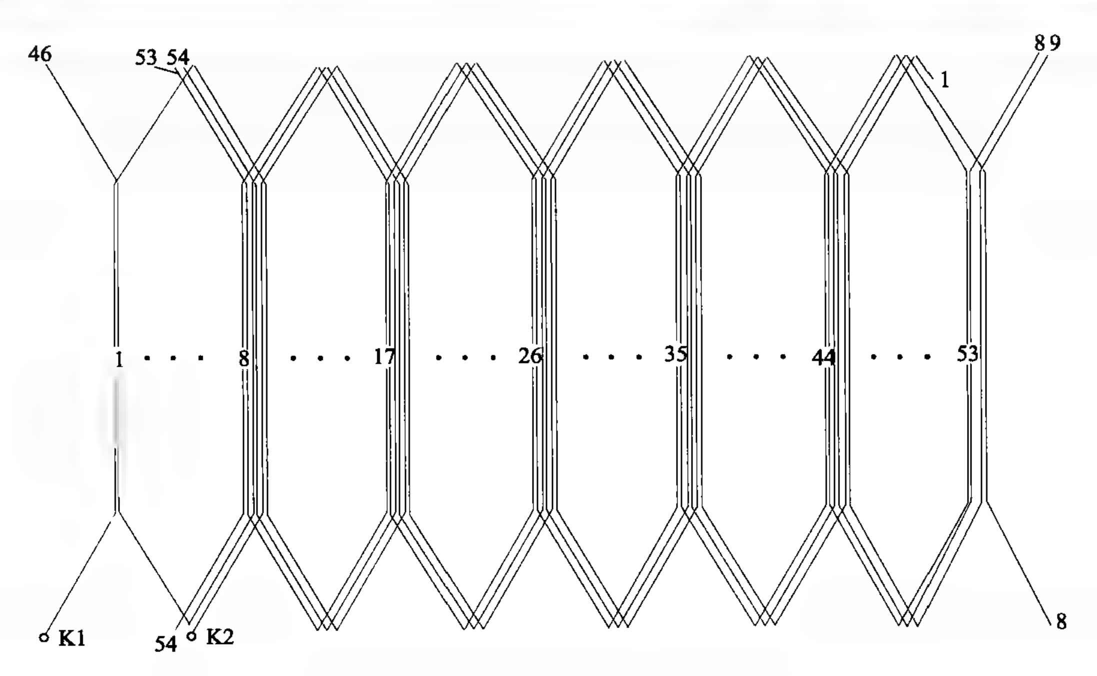


图 14-3　6 极 54 槽双层波绕组展开图

（$2p=6$，$Z_2=54$，$y_1=1$　10，$y_2=1$　10，过渡 1—9，出线槽 $K_1=1$，$K_2=10$，$L_1=13$，$L_2=22$，$M_1=43$，$M_2=52$）

14.4　6 极 54 槽换位双层波绕组展开图（图 14 4）



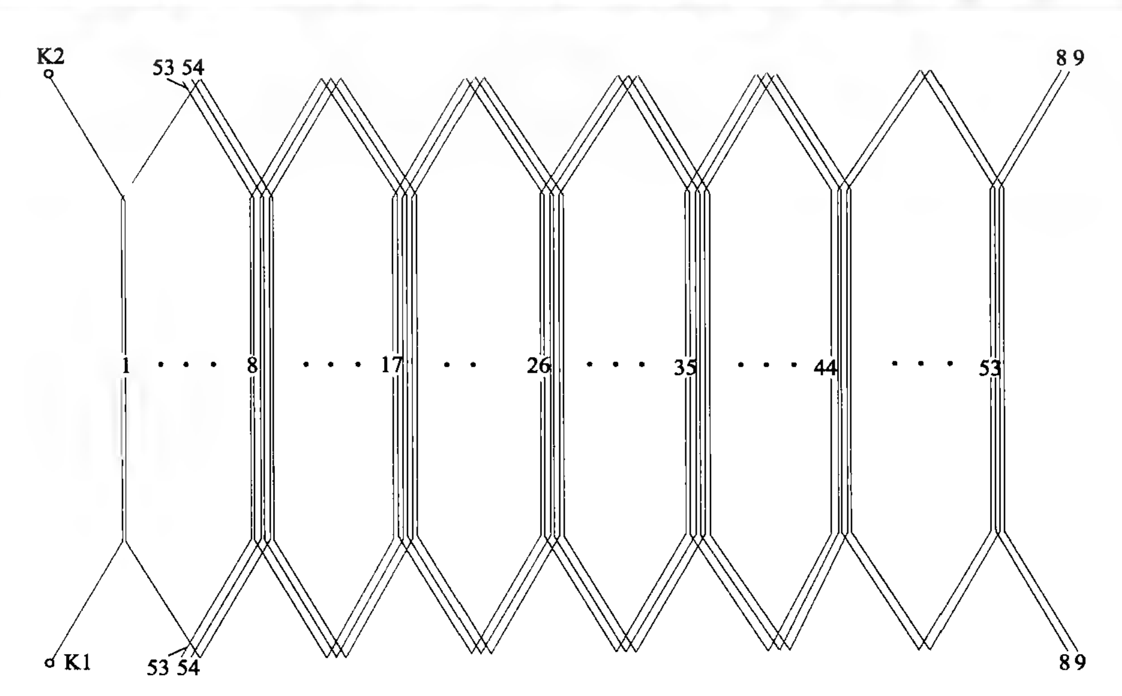


图 14-4　6 极 54 槽换位双层波绕组展开图

（$2p=6$，$Z_2=54$，$y_1=1—10$，$y_2=1—10$，过渡 1—9，出线槽 $K=1$，$L=13$，$M=43$，换位槽 $K_0=44$，$L_0=2$，$M_0=32$）

14.5　4 极 72 槽双层波绕组展开图（图 14-5）



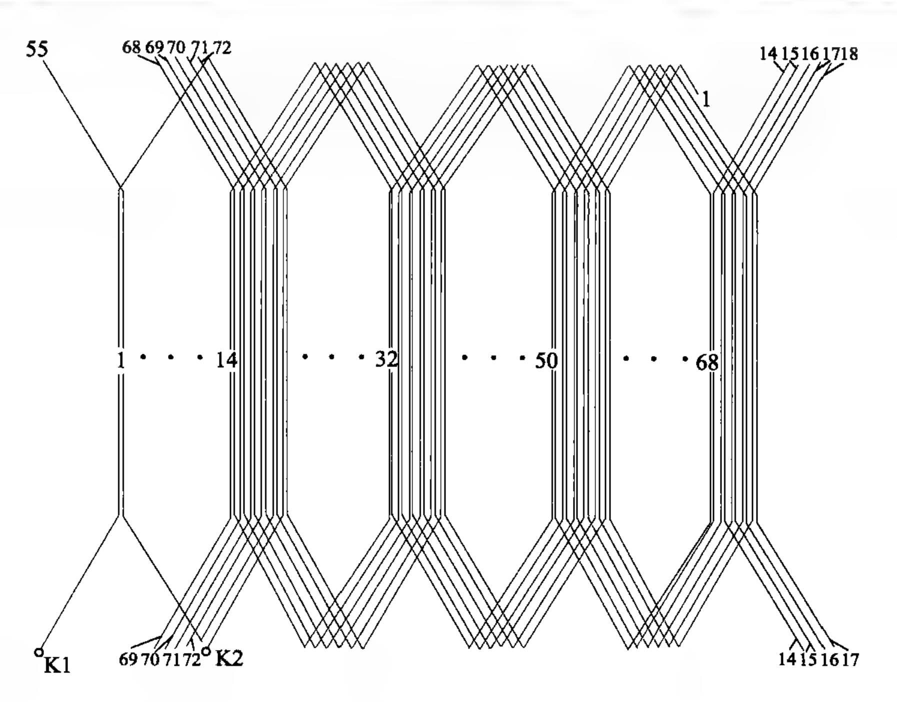


图 14-5　4 极 72 槽双层波绕组展开图

（$2p=4$，$Z_2=72$，$y_1=1—19$，$y_2=1—19$，过渡 1—18，出线槽 $K_1=1$，$K_2=19$，$L_1=25$，$L_2=43$，$M_1=49$，$M_2=67$）

14.6　4 极 72 槽换位双层波绕组展开图（图 14-6）



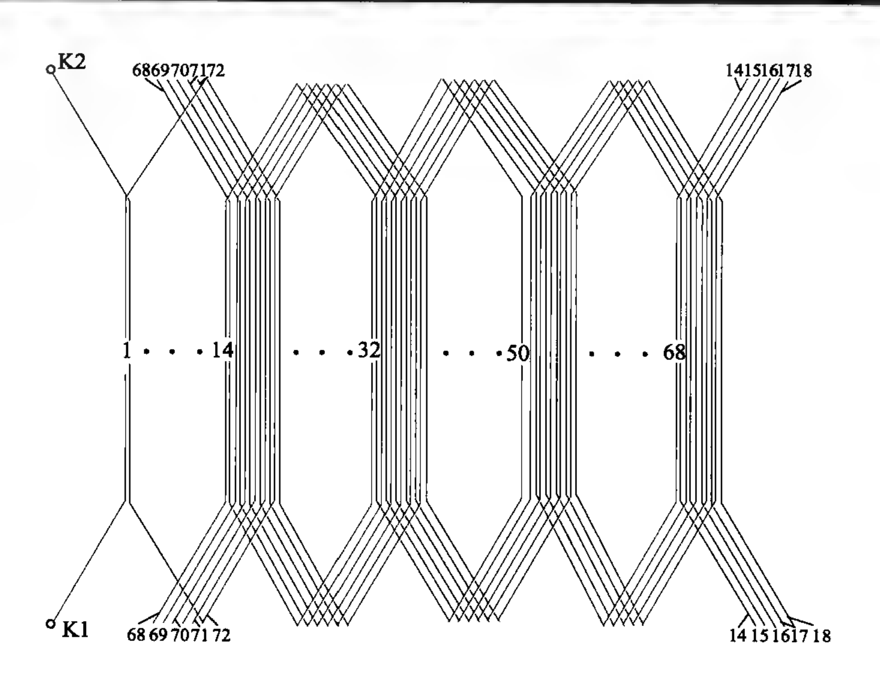


图 14-6　4 极 72 槽换位双层波绕组展开图

（$2p=4$，$Z_2=72$，$y_1=1—19$，$y_2=1—19$，过渡 1—18，出线槽 $K=1$，$L=25$，$M=49$，换位槽 $K_0=50$，$L_0=2$，$M_0=26$）

14.7　6 极 72 槽双层波绕组展开图（图 14-7）



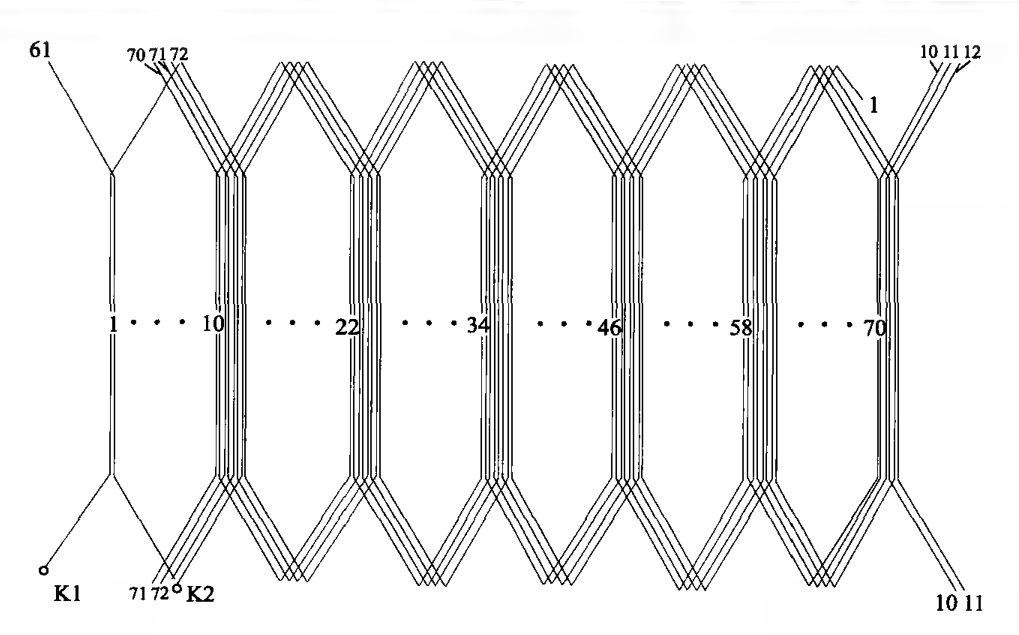


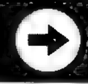
图 14-7　6 极 72 槽双层波绕组展开图

（$2p=6$，$Z_2=72$，$y_1=1—13$，$y_2=1—13$，过渡 1—12，

出线槽 $K_1=1$，$K_2=13$，$L_1=17$，

$L_2=29$，$M_1=57$，$M_2=69$）

14.8　6 极 72 槽换位双层波绕组展开图（图 14-8）



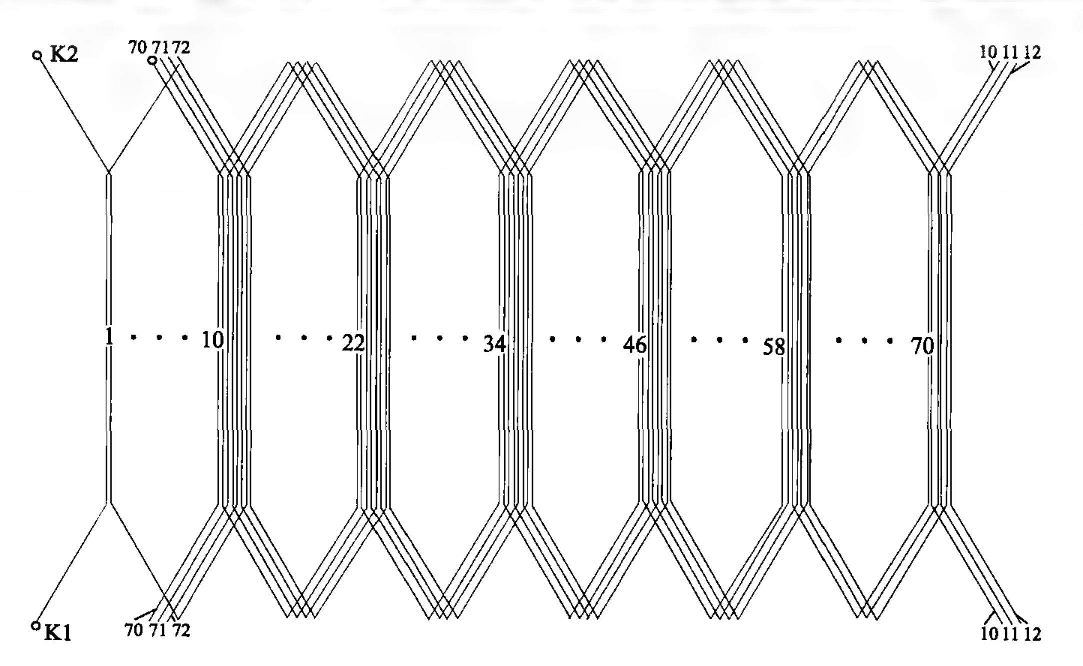


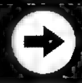
图 14-8　6 极 72 槽换位双层波绕组展开图

（$2p=6$，$Z_2=72$，$y_1=1—13$，$y_2=1—13$，过渡 1—12，

出线槽 $K=1$，$L=17$，$M=57$，换位

槽 $K_0=58$，$L_0=2$，$M_0=42$）

14.9　6极81槽双层波绕组展开图（图14-9）



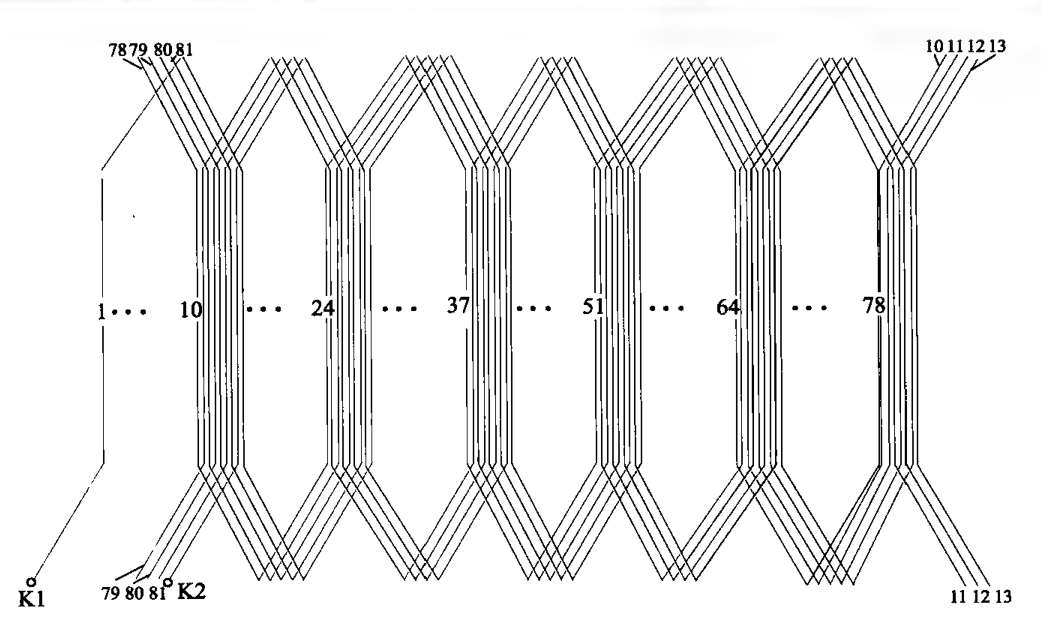


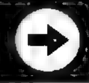
图14-9　6极81槽双层波绕组展开图

（$2p=6$，$Z_2=81$，$y_1=1-14$，$y_2=1-15$，过渡 $1-14$，

出线槽 $K_1=1$，$K_2=14$，$L_1=19$，

$L_2=32$，$M_1=37$，$M_2=50$）

14.10　6极81槽换位双层波绕组展开图（图14-10）



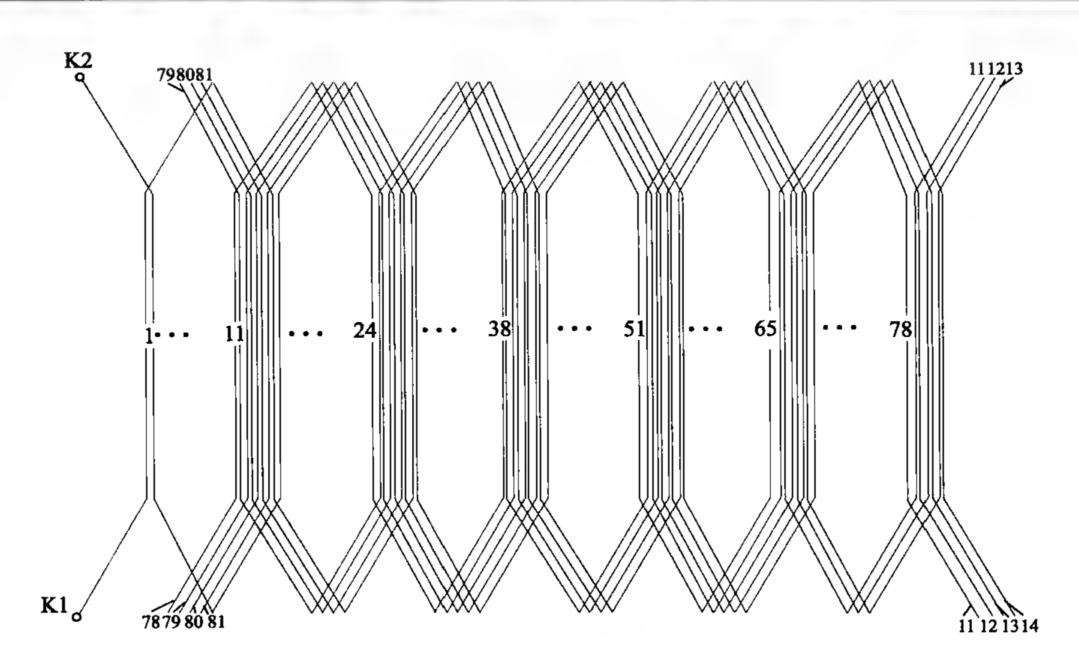


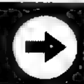
图14-10　6极81槽换位双层波绕组展开图

（$2p=6$，$Z_2=81$，$y_1=1-14$，$y_2=1-15$，过渡前 $1-14$，

过渡后 $1-13$，出线槽 $K=1$，$L=19$，$M=37$，

换位槽 $K_0=65$，$L_0=2$，$M_0=20$）

14.11　8 极 84 槽双层波绕组展开图（图 14 11）



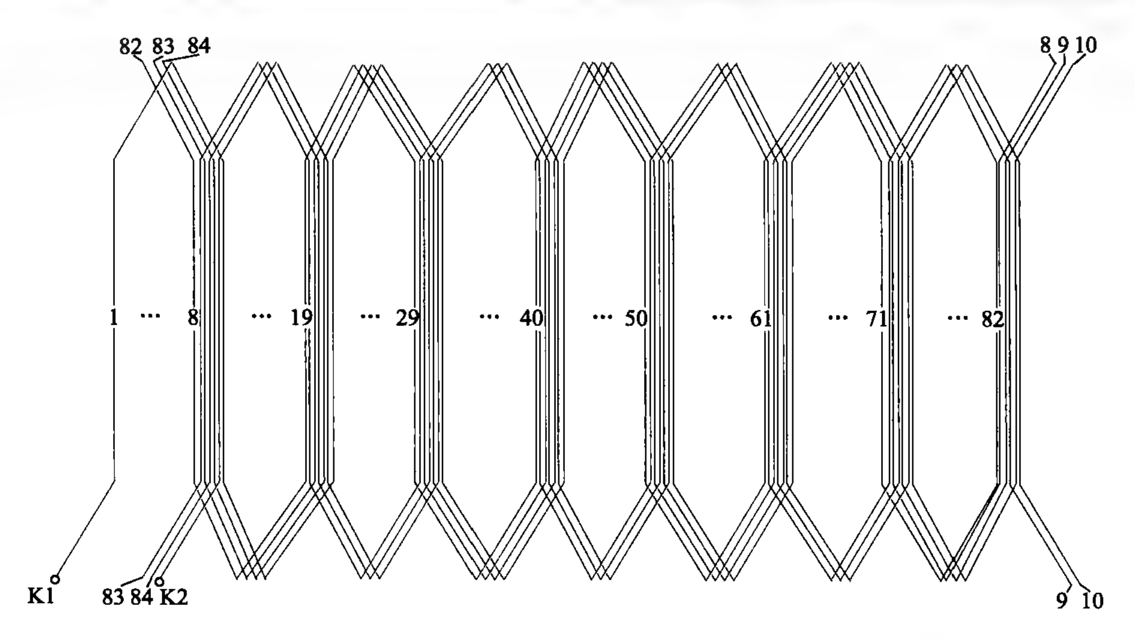


图 14-11　8 极 84 槽双层波绕组展开图

（$2p=8$，$Z_2=84$，$y_1=1$　11，$y_2=1—12$，过渡 1　11，

出线槽 $K_1=1$，$K_2=11$，$L_1=29$，

$L_2=39$，$M_1=57$，$M_2=67$）

14.12　8 极 84 槽换位双层波绕组展开图（图 14 12）



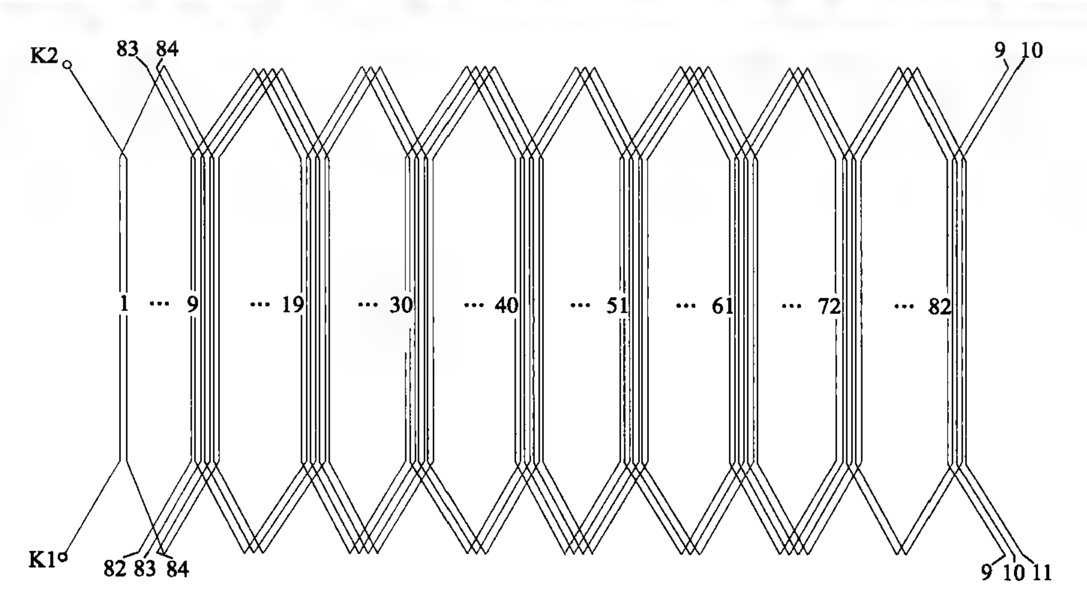


图 14-12　8 极 84 槽换位双层波绕组展开图

（$2p=8$，$Z_2=84$，$y_1=1—11$，$y_2=1-12$，过渡前 1—11，

过渡后 1 -10，出线槽 $K=1$，$L=29$，$M=57$，

换位槽 $K_0=72$，$L_0=16$，$M_0=44$）

14.13　6 极 90 槽双层波绕组展开图（图 14-13）



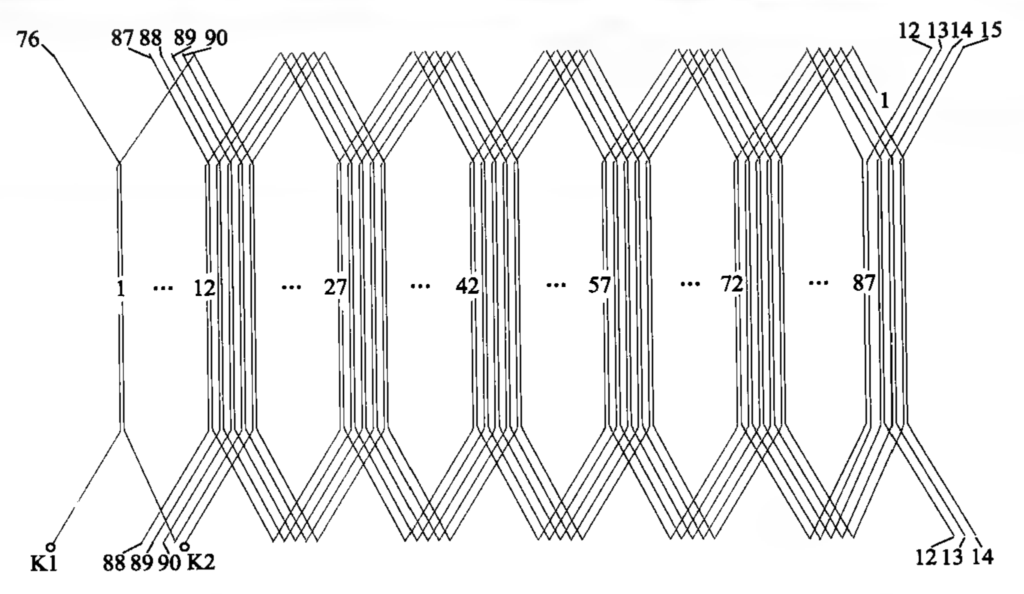


图 14-13　6 极 90 槽双层波绕组展开图

（$2p=6$，$Z_2=90$，$y_1=1—16$，$y_2=1—16$，过渡 1—15，出线槽 $K_1=1$，$K_2=16$，$L_1=21$，$L_2=36$，$M_1=71$，$M_2=86$）

14.14　6 极 90 槽换位双层波绕组展开图（图 14-14）



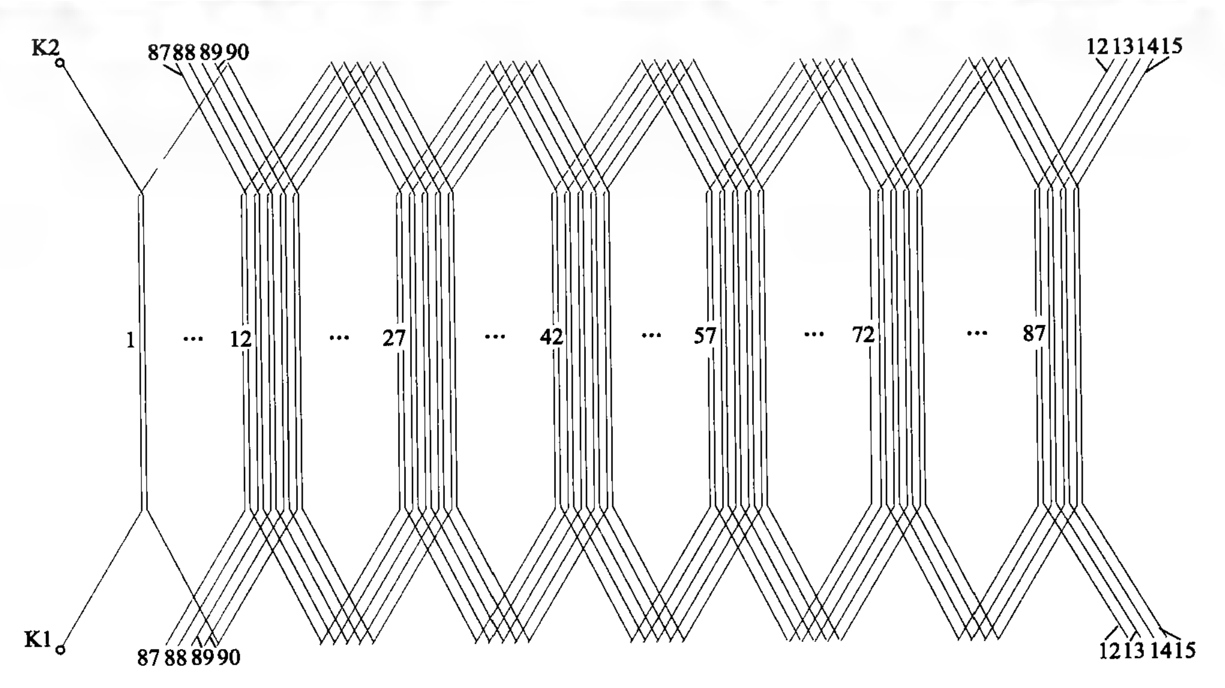
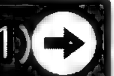


图 14-14　6 极 90 槽换位双层波绕组展开图

（$2p=6$，$Z_2=90$，$y_1=1—16$，$y_2=1—16$，过渡前后 1—15，出线槽 $K=1$，$L=21$，$M=71$，换位槽 $K_0=72$，$L_0=2$，$M_0=52$）

第15章 单相异步电机定子绕组展开图

15.1 单相2极12槽正弦绕组1路接法展开图（图15-1）



副绕组 主绕组 副绕组 主绕组

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

U1 V1 U2 V2

图15-1 单相2极12槽正弦绕组1路接法展开图

U1，U2—分别为主绕组的首端及末端； V1，V2—分别为副绕组的首端及末端

15.2 单相2极12槽正弦绕组2路接法展开图（图15-2）

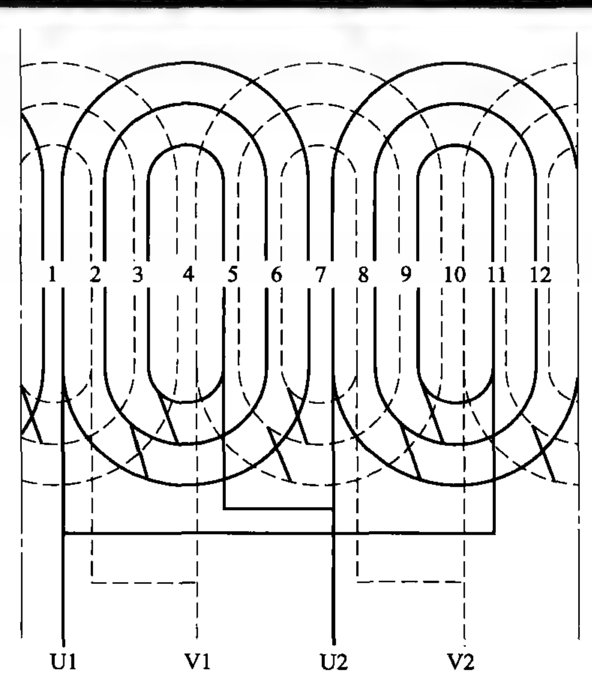


图15-2 单相2极12槽正弦绕组2路接法展开图

15.3 单相2极24槽正弦绕组1路接法展开图（1）（图15-3）



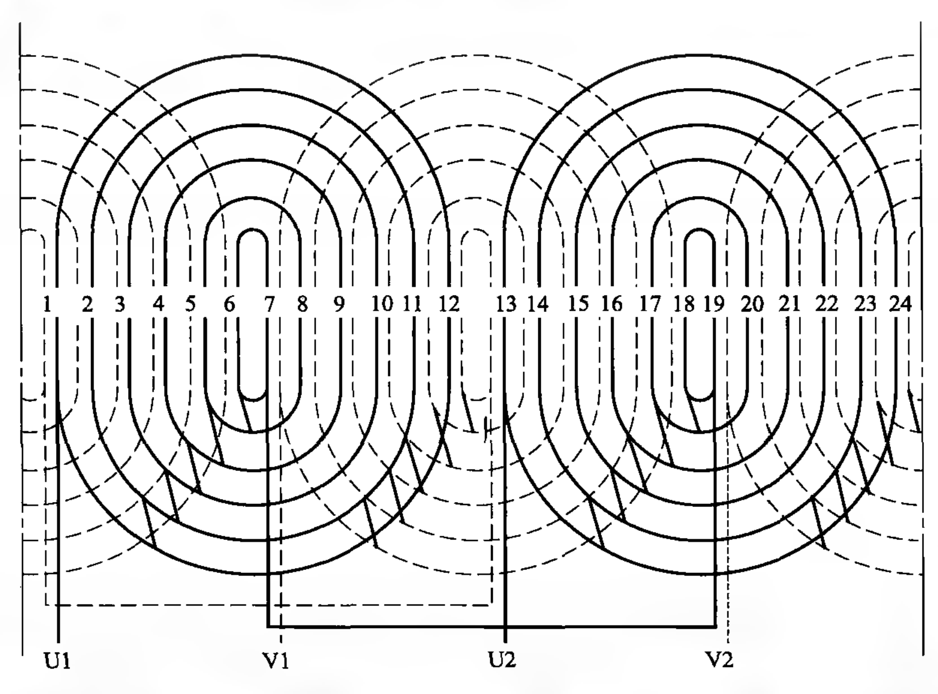


图 15-3　单相2极24槽正弦绕组1路接法展开图（1）

15.4 单相2极24槽正弦绕组1路接法展开图（2）（图15-4）



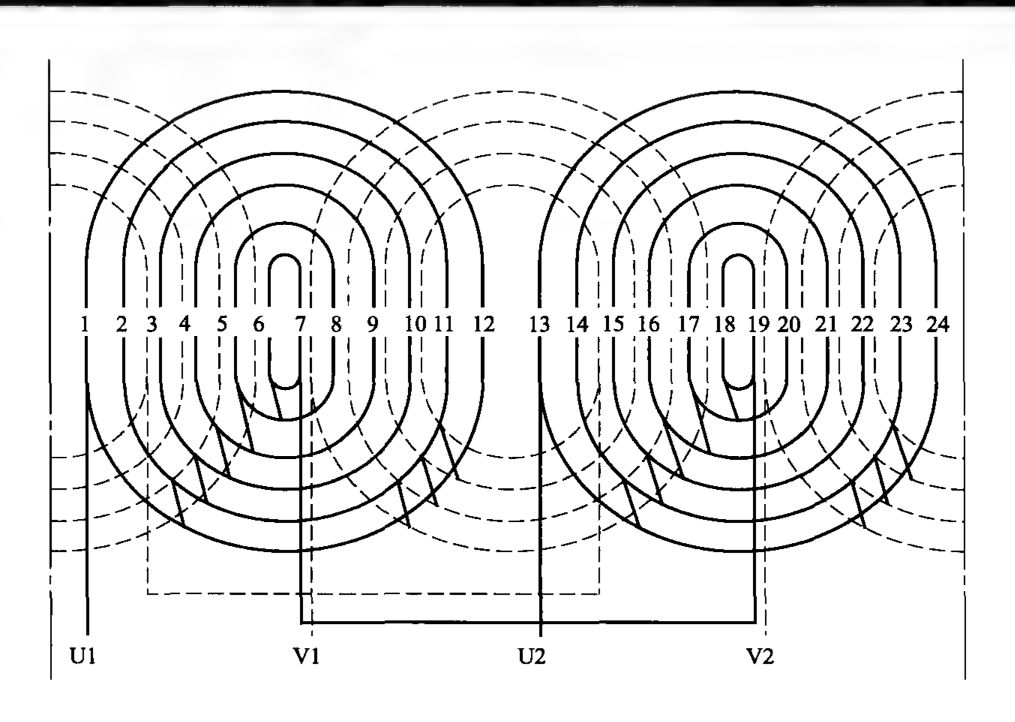
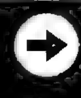


图 15-4　单相2极24槽正弦绕组1路接法展开图（2）

15.5　单相 2 极 24 槽正弦绕组 1 路接法展开图（3）（图 15-5）



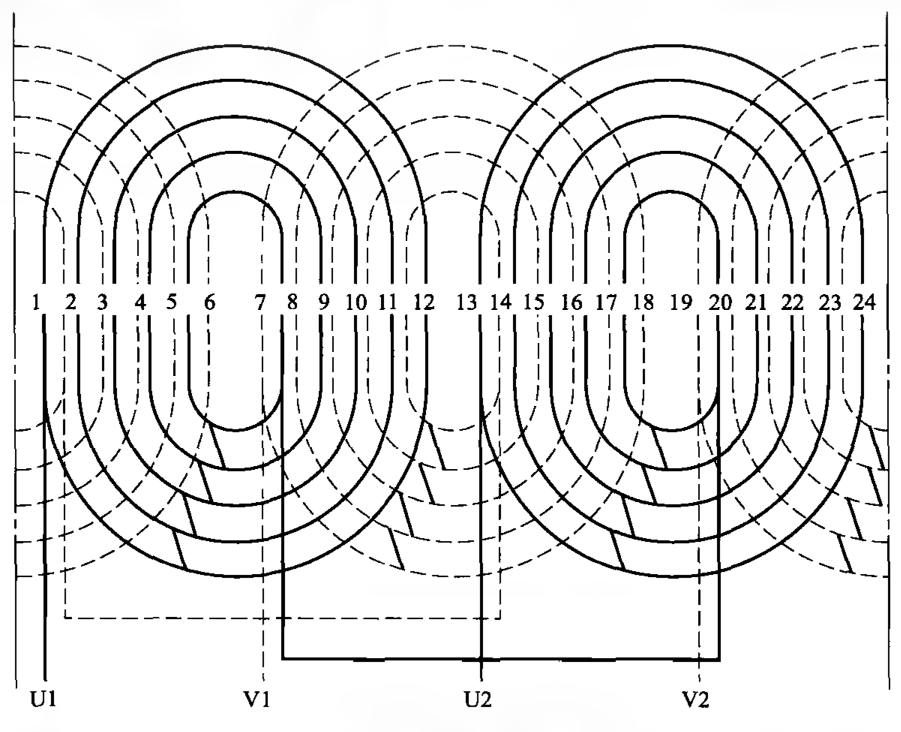


图 15-5　单相 2 极 24 槽正弦绕组 1 路接法展开图（3）

15.6　单相 2 极 24 槽正弦绕组 2 路接法展开图（1）（图 15-6）



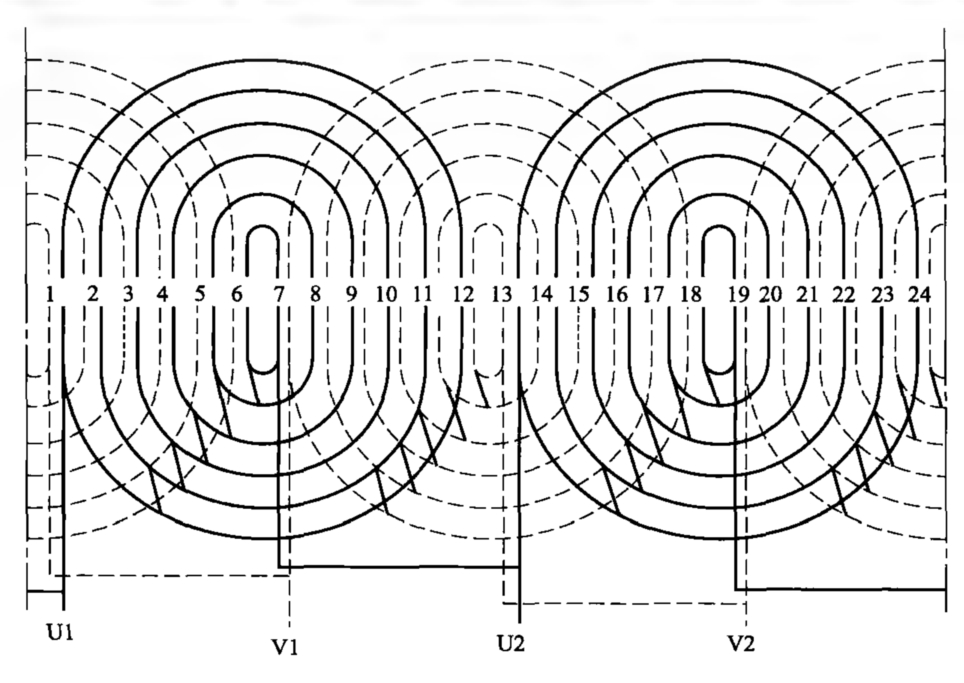


图 15-6　单相 2 极 24 槽正弦绕组 2 路接法展开图（1）

15.7　单相2极24槽正弦绕组2路接法展开图（2）（图15-7）



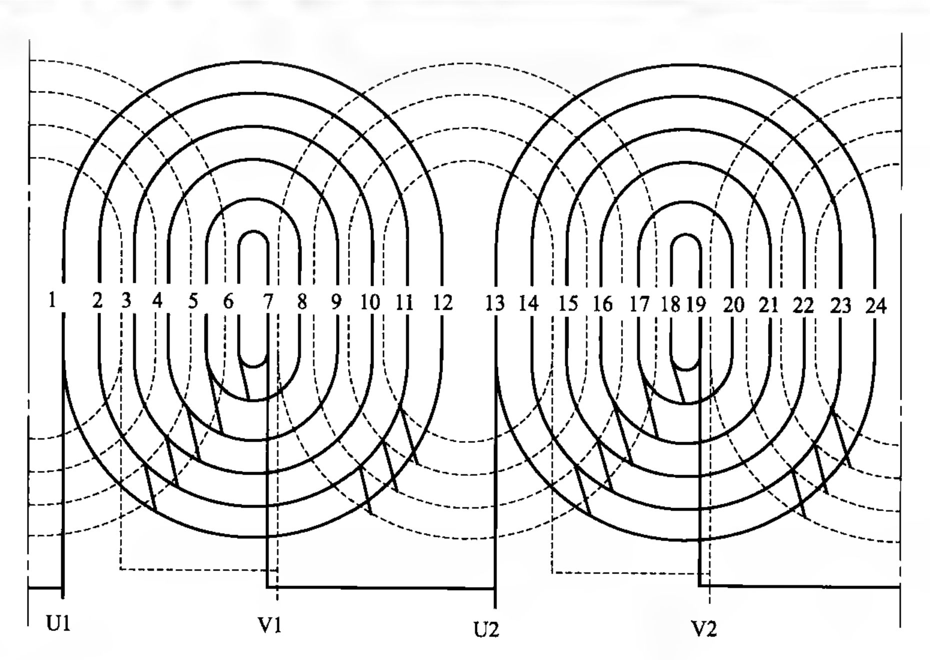
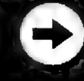


图15-7　单相2极24槽正弦绕组2路接法展开图（2）

15.8　单相2极24槽正弦绕组2路接法展开图（3）（图15-8）



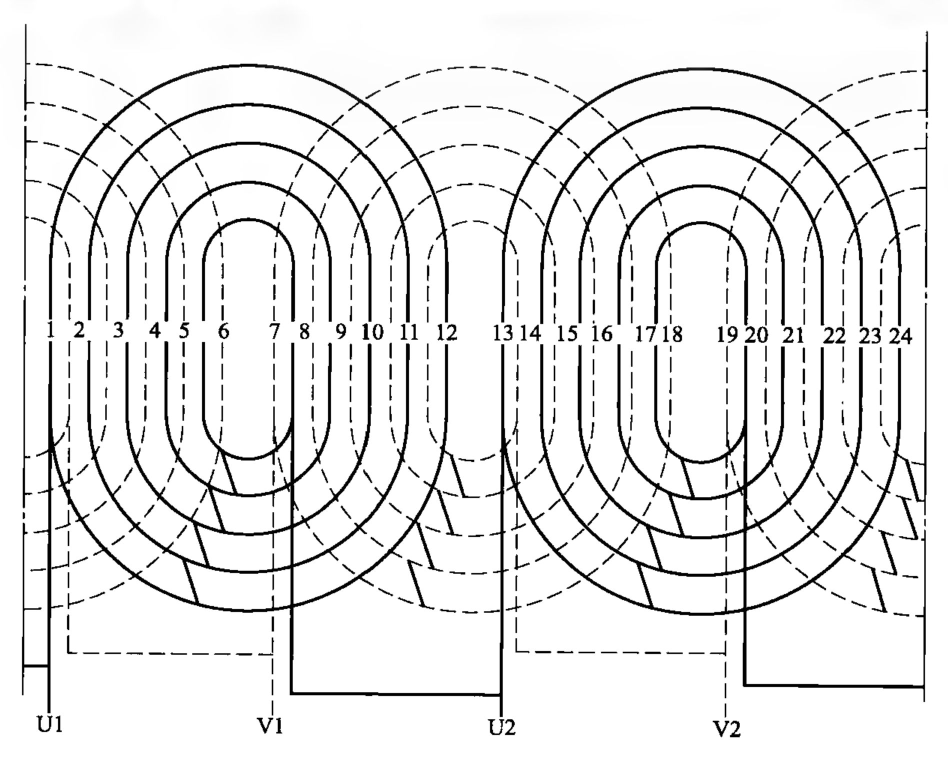


图15-8　单相2极24槽正弦绕组2路接法展开图（3）

15.9 单相 4 极 24 槽正弦绕组 1 路接法展开图（1）（图 15-9）



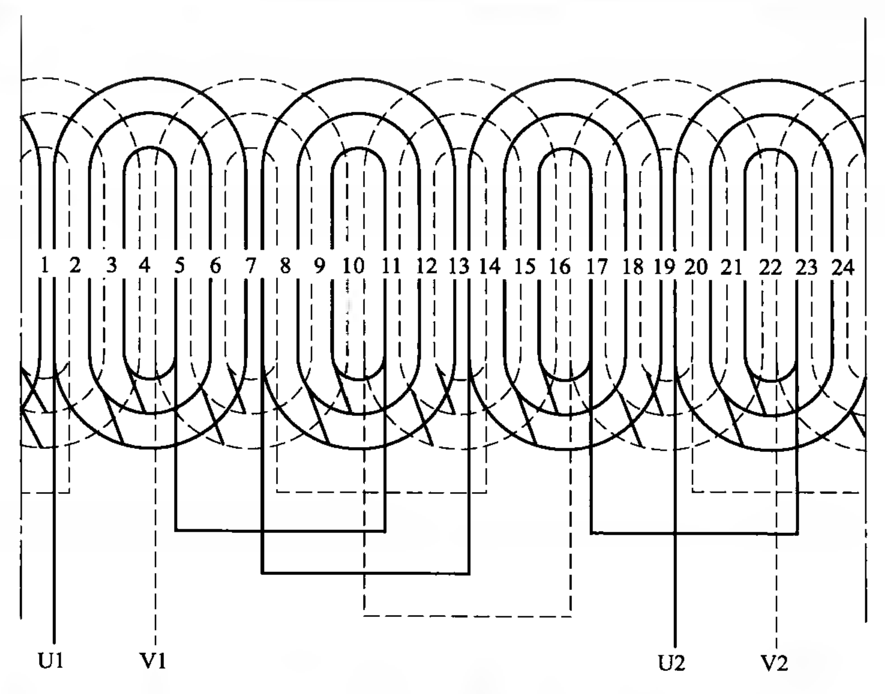
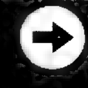


图 15-9 单相 4 极 24 槽正弦绕组 1 路接法展开图（1）

15.10 单相 4 极 24 槽正弦绕组 1 路接法展开图（2）（图 15-10）



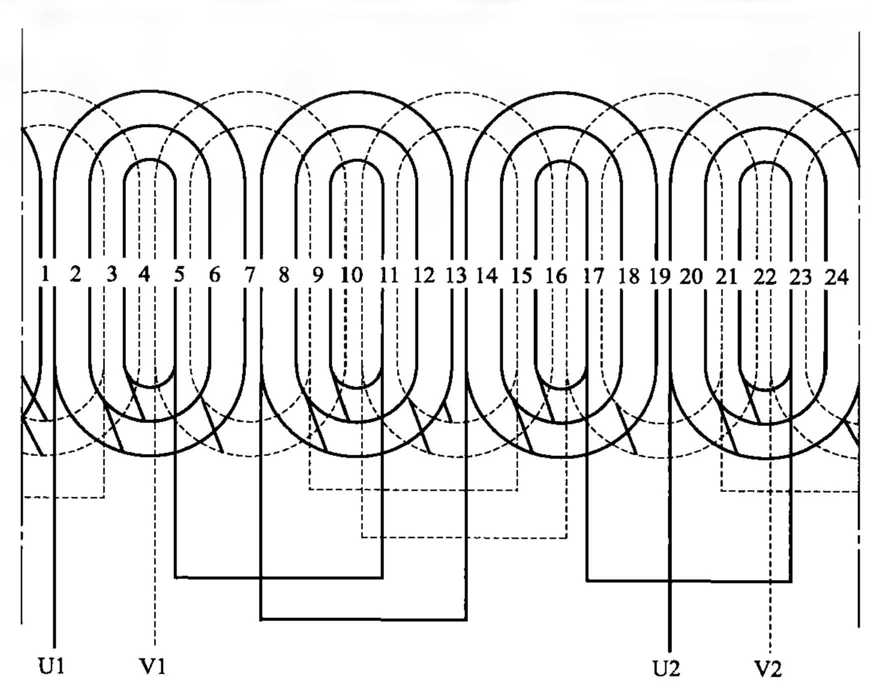


图 15-10 单相 4 极 24 槽正弦绕组 1 路接法展开图（2）

15.11　单相 4 极 24 槽正弦绕组 2 路接法展开图（1）（图 15-11）



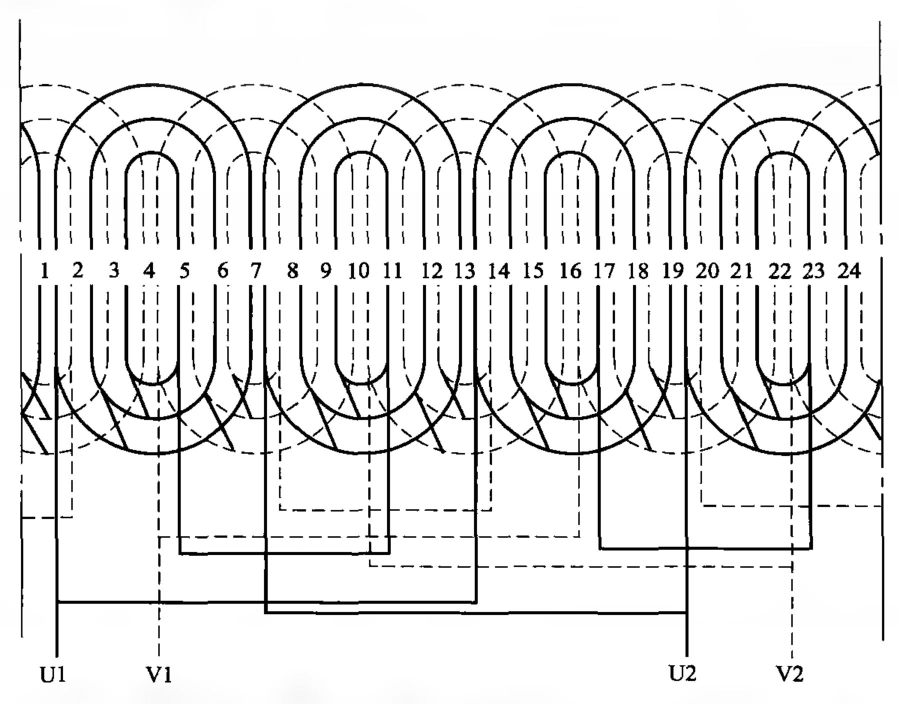


图 15-11　单相 4 极 24 槽正弦绕组 2 路接法展开图（1）

15.12　单相 4 极 24 槽正弦绕组 2 路接法展开图（2）（图 15-12）



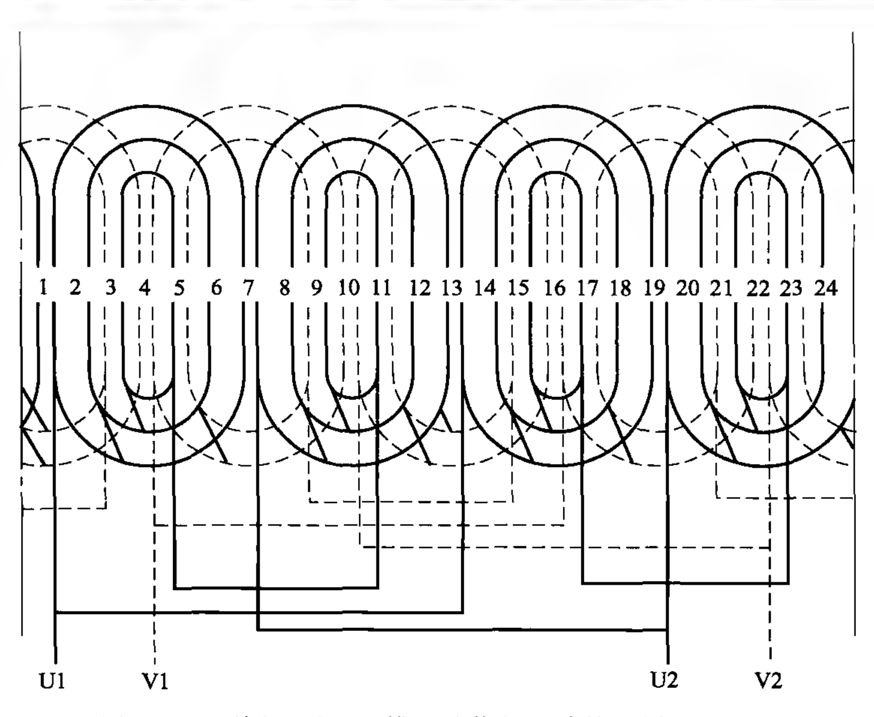


图 15-12　单相 4 极 24 槽正弦绕组 2 路接法展开图（2）

15.13　单相 4 极 24 槽正弦绕组 4 路接法展开图（1）（图 15-13）



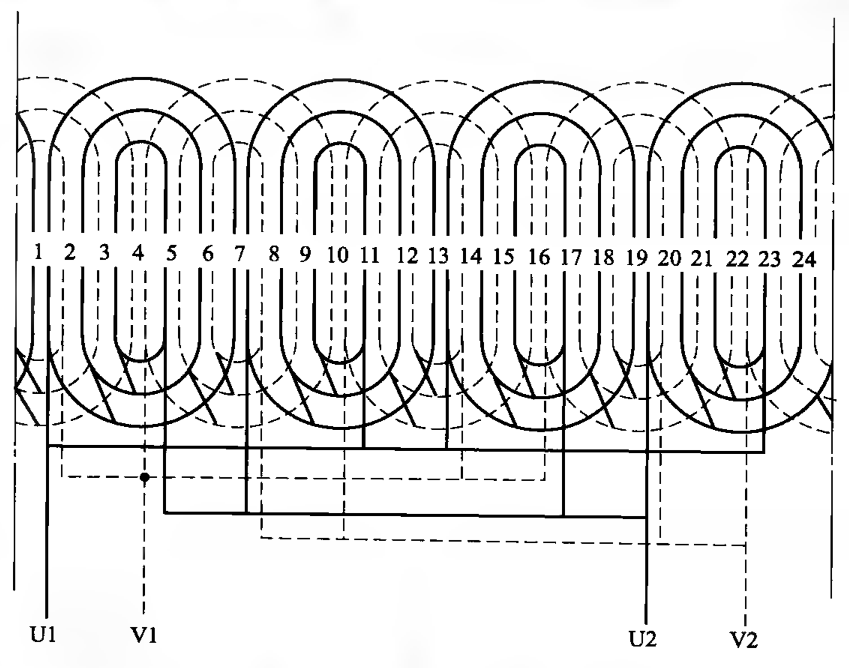


图 15-13　单相 4 极 24 槽正弦绕组 4 路接法展开图（1）

15.14　单相 4 极 24 槽正弦绕组 4 路接法展开图（2）（图 15-14）



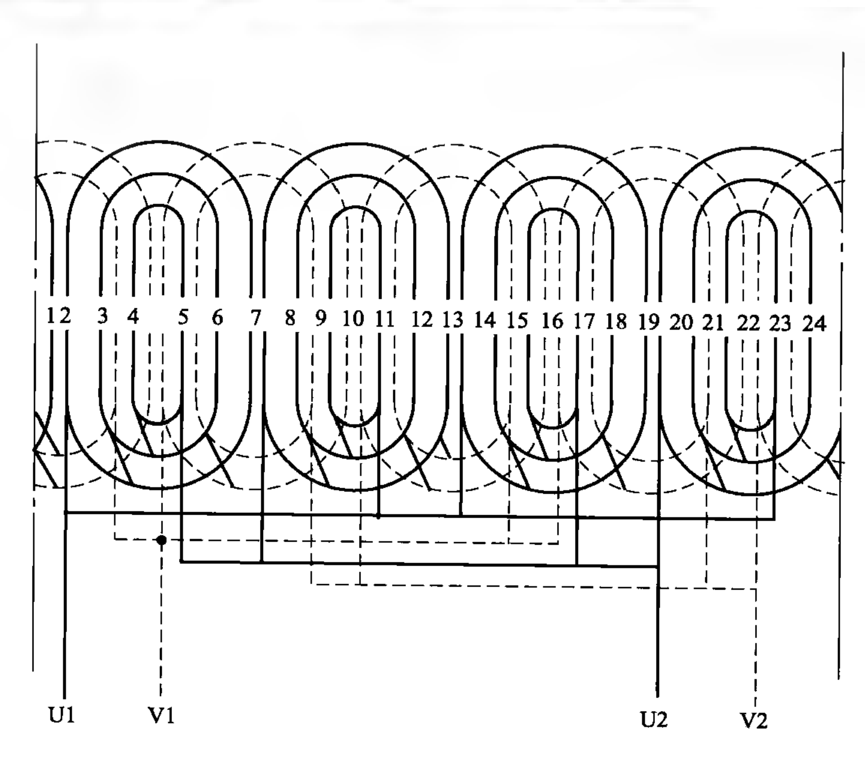


图 15-14　单相 4 极 24 槽正弦绕组 4 路接法展开图（2）

15.15　单相4极36槽正弦绕组1路接法展开图（图15-15）

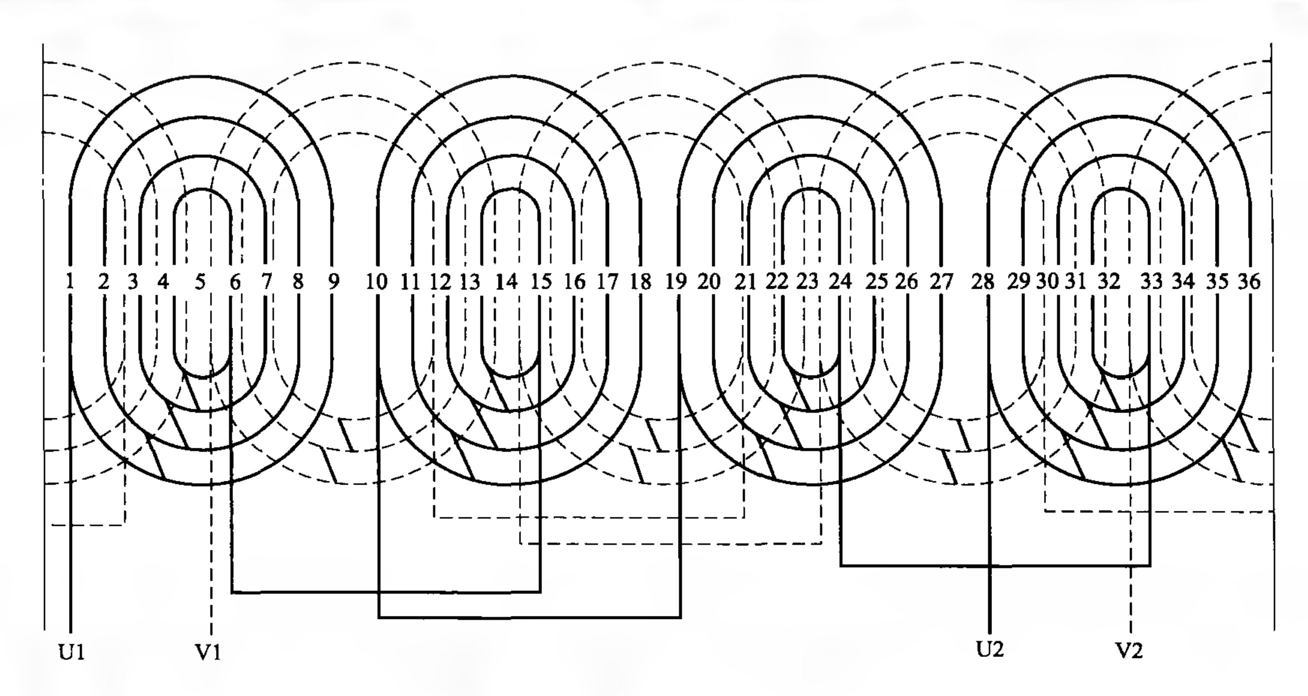


图15-15　单相4极36槽正弦绕组1路接法展开图

15.16　单相4极36槽正弦绕组2路接法展开图（图15-16）

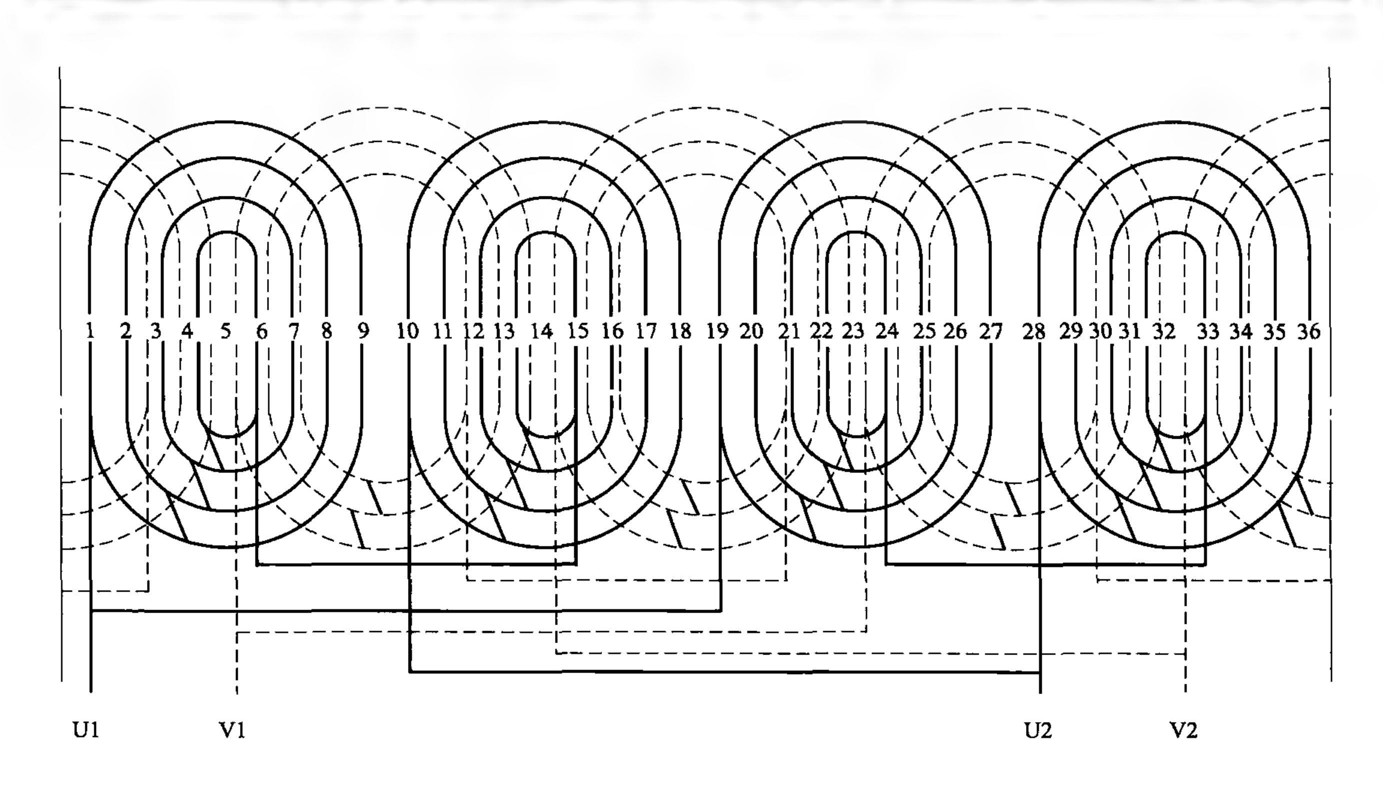


图15-16　单相4极36槽正弦绕组2路接法展开图

15.17　单相 4 极 36 槽正弦绕组 4 路接法展开图（图 15-17）

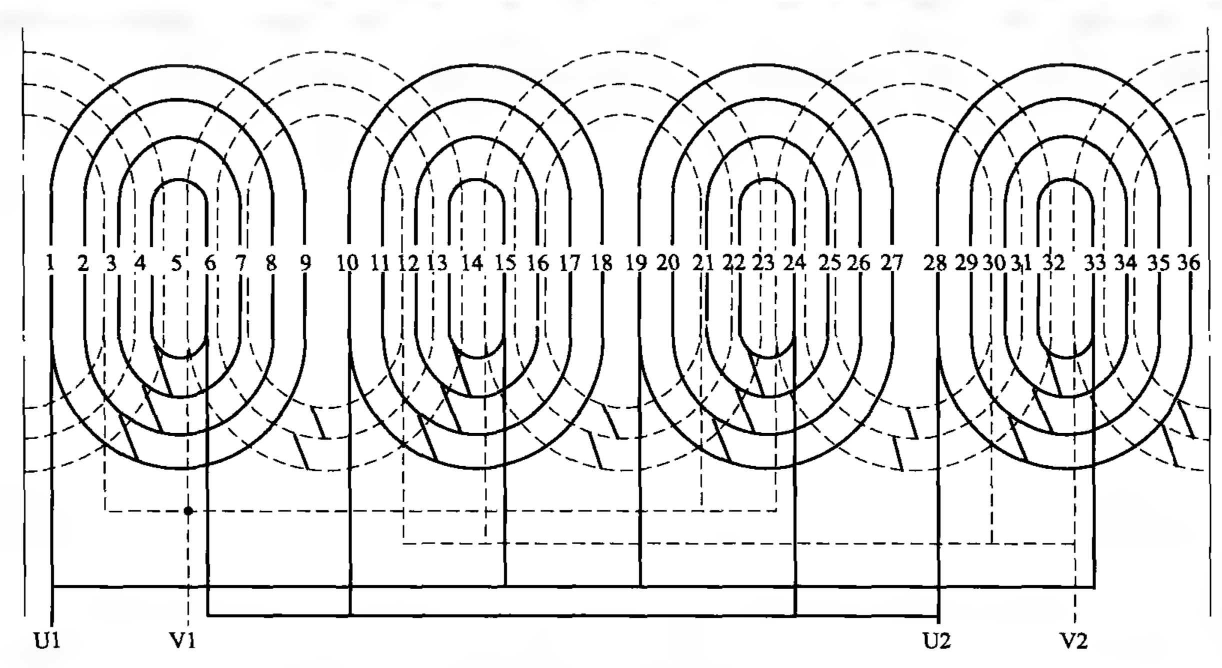


图 15-17　单相 4 极 36 槽正弦绕组 4 路接法展开图

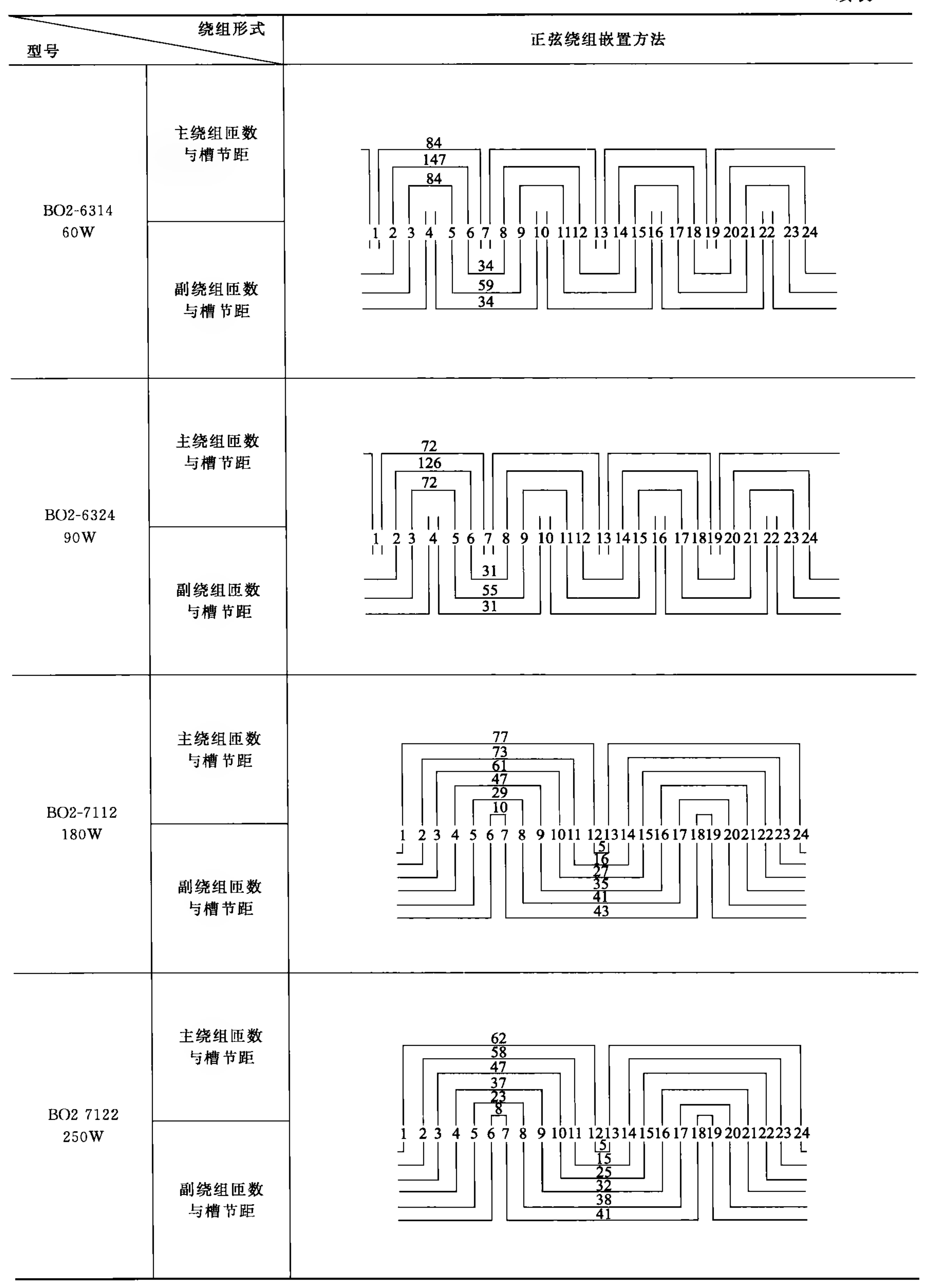
15.18　BO2 系列单相电阻启动异步电机绕组的排列方法（表 15-1）



表 15-1　BO2 系列单相电阻启动异步电机绕组的排列方法

型号	绕组形式	正弦绕组嵌置方法
BO2-6312 90W	主绕组匝数与槽节距	113、106、91、69、43、14 槽号：1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	6、19、30、40、47、50
BO2-6322 120W	主绕组匝数与槽节距	93、86、74、57、35、12 槽号：1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	6、18、29、38、44、47

续表



型号	绕组形式	正弦绕组嵌置方法
BO2-6314 60W	主绕组匝数与槽节距	84 147 84
	副绕组匝数与槽节距	34 59 34
BO2-6324 90W	主绕组匝数与槽节距	72 126 72
	副绕组匝数与槽节距	31 55 31
BO2-7112 180W	主绕组匝数与槽节距	77 73 61 47 29 10
	副绕组匝数与槽节距	5 16 27 35 41 43
BO2 7122 250W	主绕组匝数与槽节距	62 58 47 37 23 8
	副绕组匝数与槽节距	5 15 25 32 38 41

续表

型号	绕组形式	正弦绕组嵌置方法
BO2-7114 120W	主绕组匝数与槽节距	60 104 60 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	33 58 33
BO2-7124 180W	主绕组匝数与槽节距	49 85 49 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	27 48 27
BO2-8012 370W	主绕组匝数与槽节距	53 50 43 33 20 7 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	4 13 22 28 33 36
BO2 8014 250W	主绕组匝数与槽节距	42 74 42 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	28 48 28
BO2-8024 370W	主绕组匝数与槽节距	32 58 32 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	24 41 24

15.19　CO2 系列单相电容启动异步电机绕组的排列方法（表 15-2）



表 15-2　CO2 系列单相电容启动异步电机绕组的排列方法

型号 ＼ 绕组形式		正弦绕组嵌置方法
CO2-7112 180W	主绕组匝数与槽节距	77 73 61 47 29 10 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	45 59 69 74
CO2-7122 250W	主绕组匝数与槽节距	62 58 47 37 23 8 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	35 51 57 61
CO2-7114 120W	主绕组匝数与槽节距	60 104 60 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	92 53
CO2-7124 180W	主绕组匝数与槽节距	48 85 50 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	79 45

续表

型号	绕组形式	正弦绕组嵌置方法
CO2-8012 370W	主绕组匝数与槽节距	53 50 43 33 20 7 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	38 49 57 62
CO2-8022 550W	主绕组匝数与槽节距	41 39 33 25 16 5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	28 37 43 46
CO2-8014 250W	主绕组匝数与槽节距	42 74 42 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	84 49
CO2-8024 370W	主绕组匝数与槽节距	32 58 34 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	85 49
CO2-90S2 750W	主绕组匝数与槽节距	38 36 30 23 15 5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	24 32 37 40

续表

型号 \ 绕组形式		正弦绕组嵌置方法
CO2-90S4 550W	主绕组匝数与槽节距	44 39 29 15
	副绕组匝数与槽节距	38 46 24
CO2-90L4 750W	主绕组匝数与槽节距	34 29 22 11
	副绕组匝数与槽节距	42 51 27

15.20　DO2系列单相电容运转异步电机绕组的排列方法（表15-3）

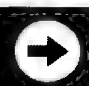


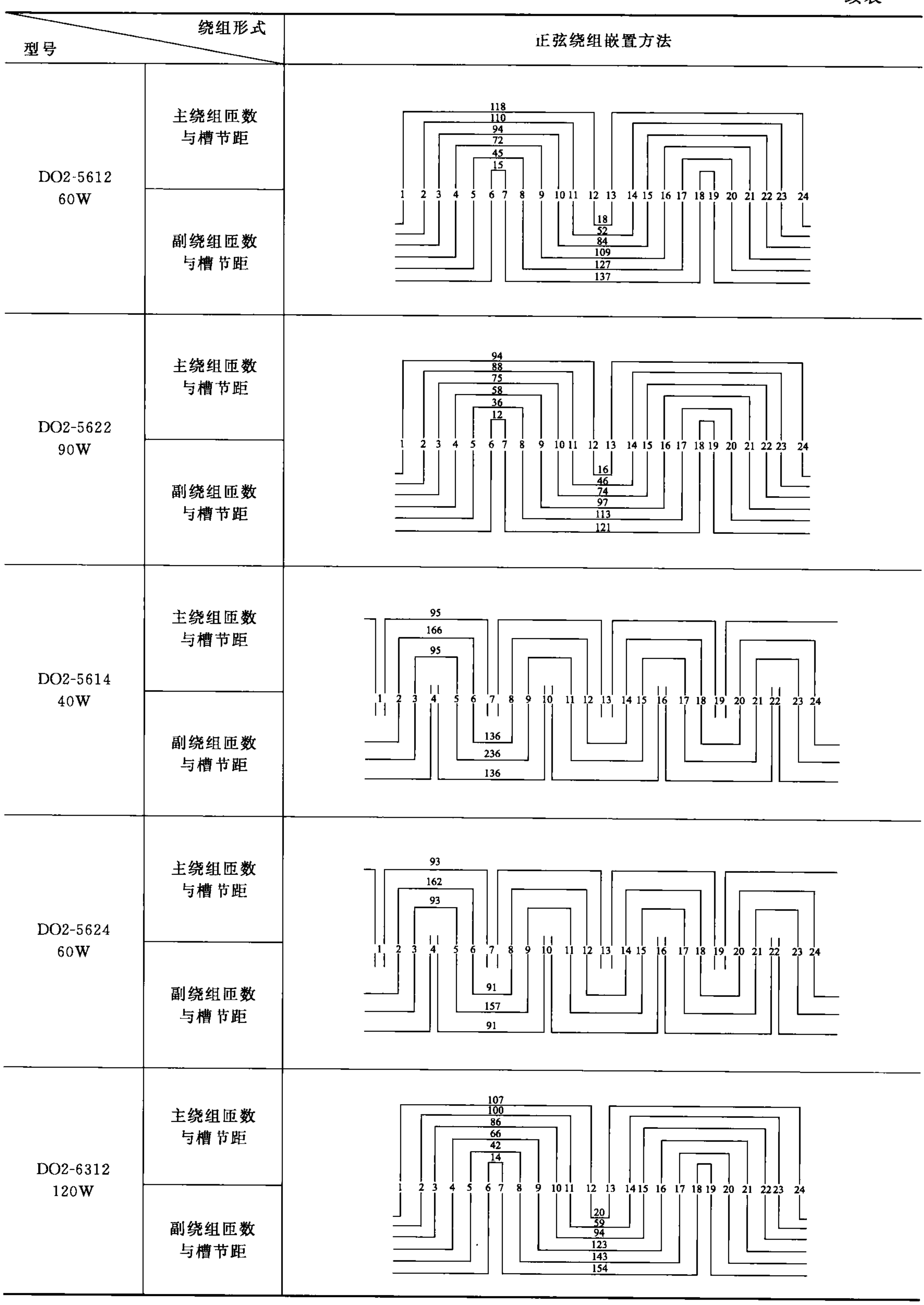
表15-3　DO2系列单相电容运转异步电机绕组的排列方法

型号 \ 绕组形式		正弦绕组嵌置方法
DO2-4512 10W	主绕组匝数与槽节距	434 318 116
	副绕组匝数与槽节距	130 355 486
DO2-4522 16W	主绕组匝数与槽节距	375 275 100
	副绕组匝数与槽节距	107 291 398

续表

型号＼绕组形式		正弦绕组嵌置方法
DO2-4514 6W	主绕组匝数与槽节距	350 350 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 675
	副绕组匝数与槽节距	
DO2-4524 10W	主绕组匝数与槽节距	300 300 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 620
	副绕组匝数与槽节距	
DO2-5012 25W	主绕组匝数与槽节距	139 241 139 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 219 381 219
	副绕组匝数与槽节距	
DO2-5022 40W	主绕组匝数与槽节距	131 227 131 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 187 324 187
	副绕组匝数与槽节距	
DO2-5014 16W	主绕组匝数与槽节距	280 280 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 455
	副绕组匝数与槽节距	
DO2-5024 25W	主绕组匝数与槽节距	218 218 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 435
	副绕组匝数与槽节距	

续表



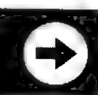
型号	绕组形式	正弦绕组嵌置方法
DO2-5612 60W	主绕组匝数与槽节距	
	副绕组匝数与槽节距	
DO2-5622 90W	主绕组匝数与槽节距	
	副绕组匝数与槽节距	
DO2-5614 40W	主绕组匝数与槽节距	
	副绕组匝数与槽节距	
DO2-5624 60W	主绕组匝数与槽节距	
	副绕组匝数与槽节距	
DO2-6312 120W	主绕组匝数与槽节距	
	副绕组匝数与槽节距	

续表

型号	绕组形式	正弦绕组嵌置方法
DO2-6322 180W	主绕组匝数与槽节距	83 77 66 51 32 11 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	14 42 68 89 103 111
DO2-6314 90W	主绕组匝数与槽节距	81 140 81 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	100 174 100
DO2-6324 120W	主绕组匝数与槽节距	69 121 69 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	98 169 98
DO2-7112 250W	主绕组匝数与槽节距	70 67 55 42 27 10 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	13 40 59 76 93 101
DO2-7114 180W	主绕组匝数与槽节距	55 96 55 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
	副绕组匝数与槽节距	88 154 88

第16章 单相串励电机转子绕组展开图

16.1 G型单相串励电机转子绕组展开图



16.1.1 G25/40型、G30/40型转子绕组展开图（图16-1）

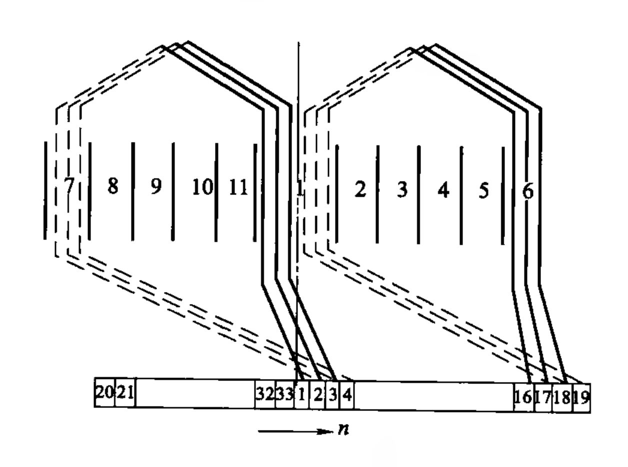


图 16-1　G25/40 型、G30/40 型转子绕组展开图

16.1.2 G40/40型、G60/40型转子绕组展开图（图16-2）

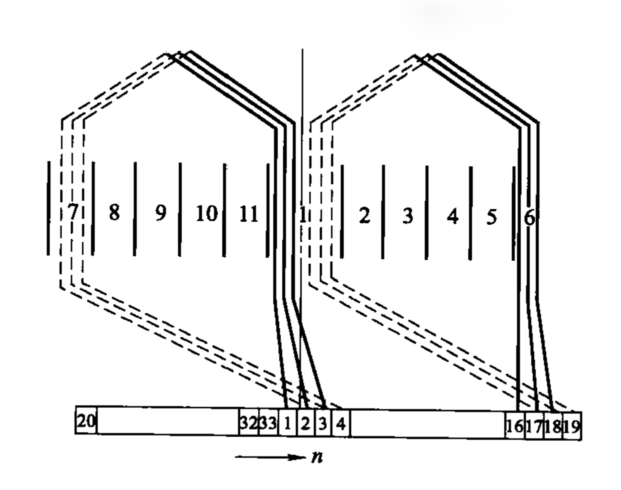


图 16-2　G40/40 型、G60/40 型转子绕组展开图

16.1.3　G80/40型、G90/40型转子绕组展开图（图16-3）

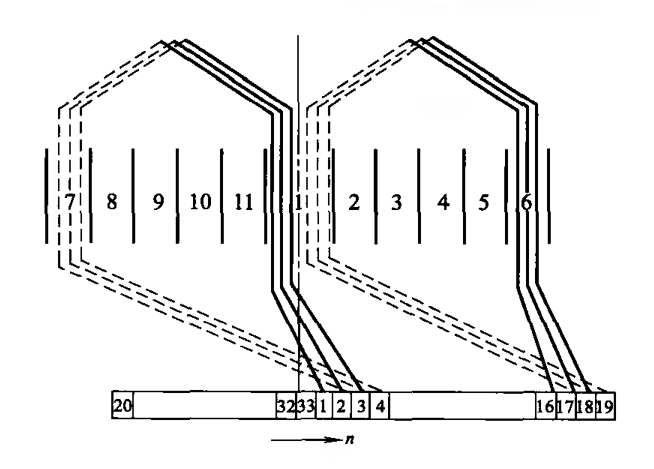


图 16-3　G80/40 型、G90/40 型转子绕组展开图

16.1.4　G120/40型转子绕组展开图（图16-4）

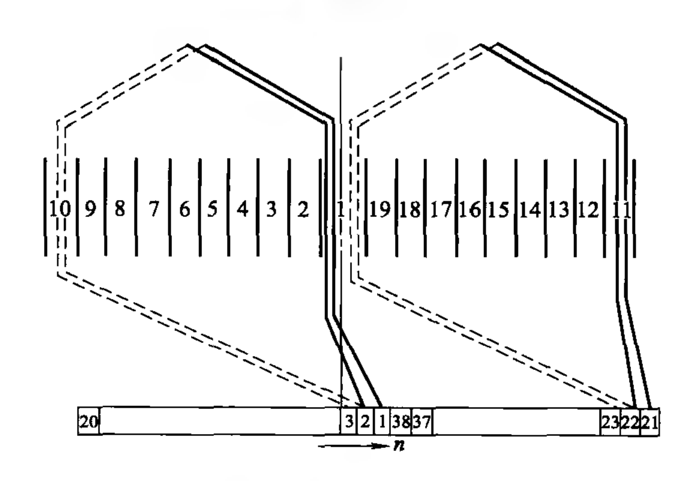


图 16-4　G120/40 型转子绕组展开图

16.1.5　G180/40 型转子绕组展开图（图 16-5）

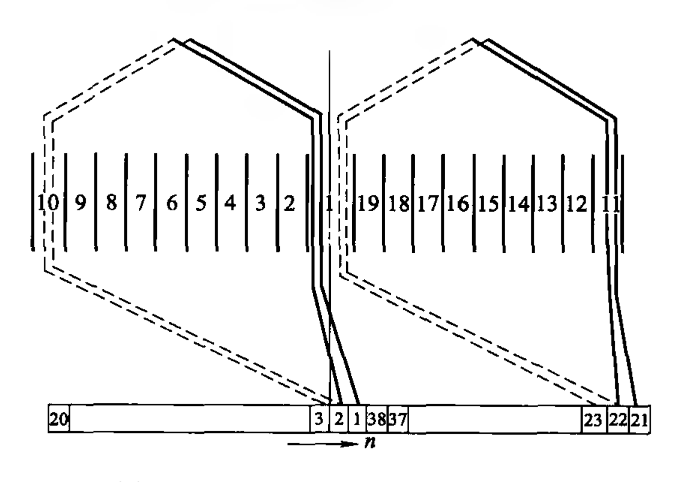


图 16-5　G180/40 型转子绕组展开图

16.1.6　G250/40 型转子绕组展开图（图 16-6）

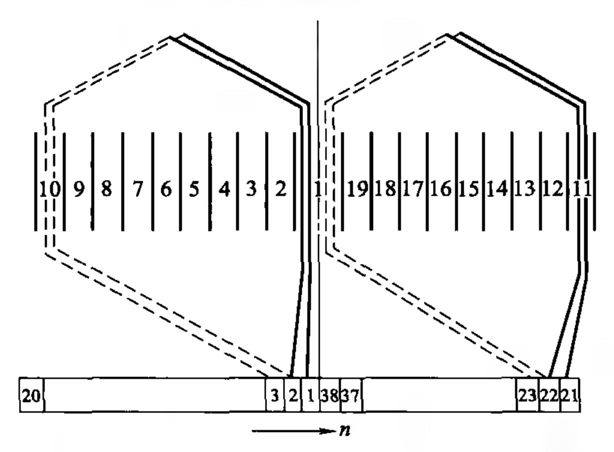
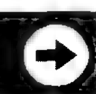


图 16-6　G250/40 型转子绕组展开图

16.2　U 型单相串励电机转子绕组展开图



16.2.1　U15/40-220型、U15/56-220D 型转子绕组展开图（图16-7）

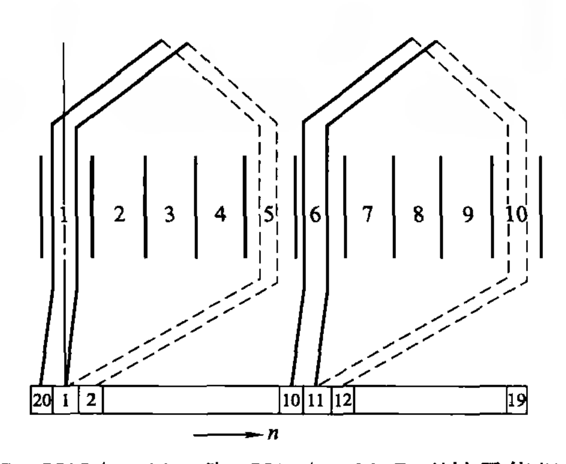


图 16-7　U15/40-220 型、U15/56-220D 型转子绕组展开图

16.2.2　U30/40-220 型转子绕组展开图（图16-8）

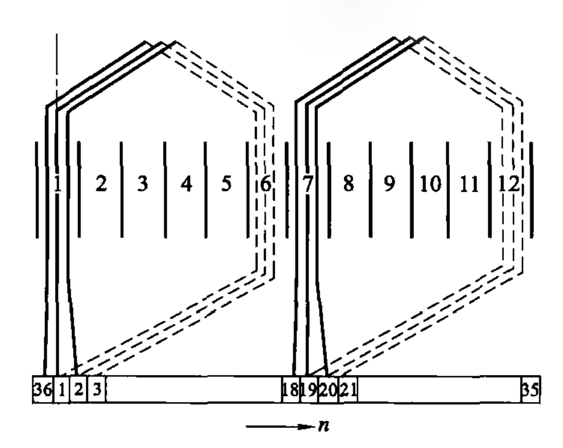


图 16-8　U30/40-220 型转子绕组展开图

16.2.3　U80/50-110D 型、U80/50-220D 型转子绕组展开图（图16-9）

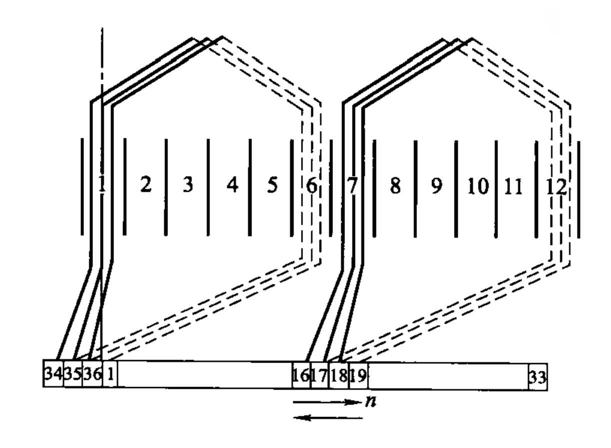


图 16-9　U80/50-110D 型、U80/50-220D 型转子绕组展开图

16.2.4　U40/36-24D 型、U40/36-110D 型转子绕组展开图（图16-10）

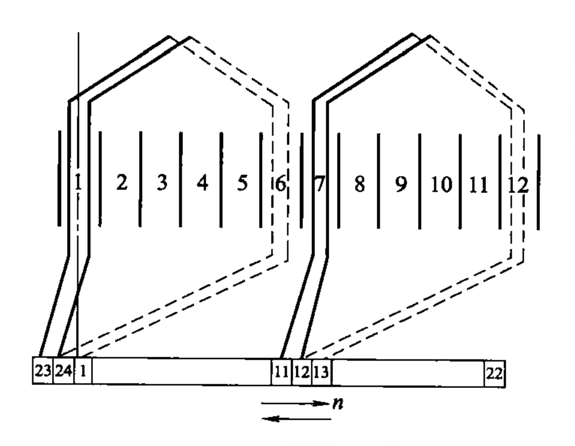


图 16-10　U40/36-24D 型、U40/36-110D 型转子绕组展开图

16.2.5　U55/45-220D 型转子绕组展开图（图16-11）

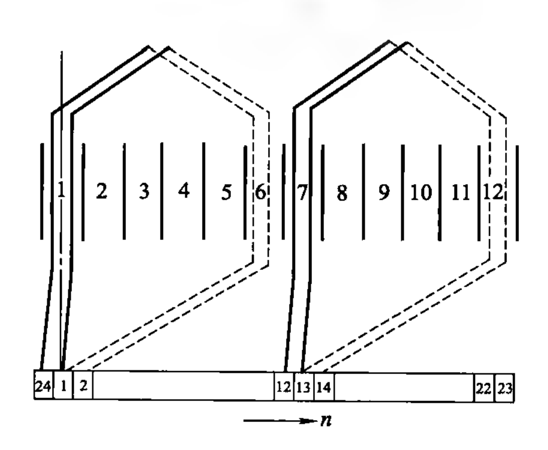


图 16-11　U55/45-220D 型转子绕组展开图

16.2.6　U120/40-220型、U180/40-220型转子绕组展开图（图16-12）

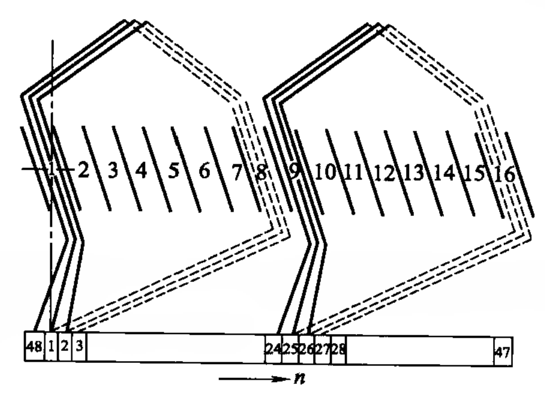
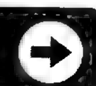


图 16-12　U120/40-220 型、U180/40-220 型转子绕组展开图

16.3　SU 型交直流两用串励电机转子绕组展开图



SU-1 型、SU-2 型转子绕组展开图（图 16-13）

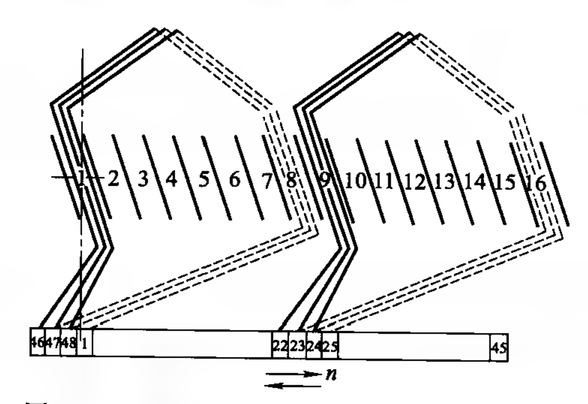


图 16-13　SU-1 型、SU-2 型转子绕组展开图

16.4　电动工具用交、直流两用串励电机转子绕组展开图



16.4.1　ϕ56 冲片电机转子绕组展开图（图16-14）

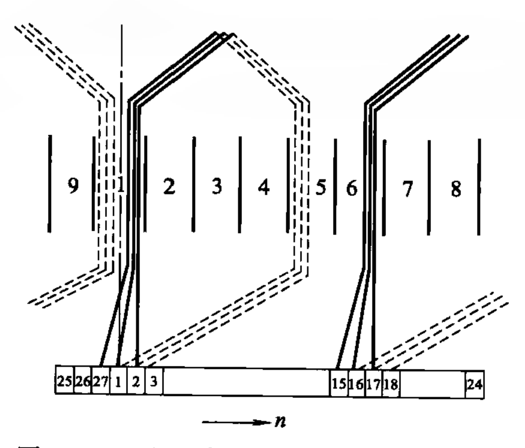


图 16-14　ϕ56 冲片电机转子绕组展开图

16.4.2　ϕ71冲片电机转子绕组展开图（1）（图16-15）

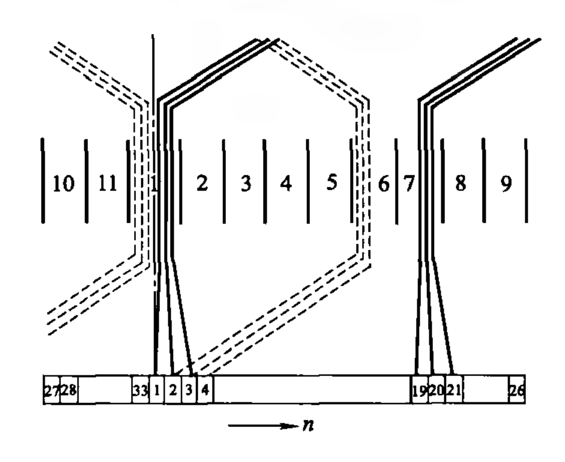


图 16-15　ϕ71 冲片电机转子绕组展开图（1）

16.4.3　ϕ71冲片电机转子绕组展开图（2）（图16-16）

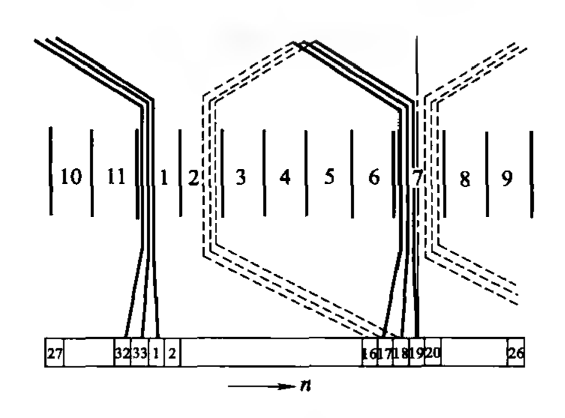


图 16-16　ϕ71 冲片电机转子绕组展开图（2）

16.4.4　ϕ90 冲片电机转子绕组展开图（图16-17）

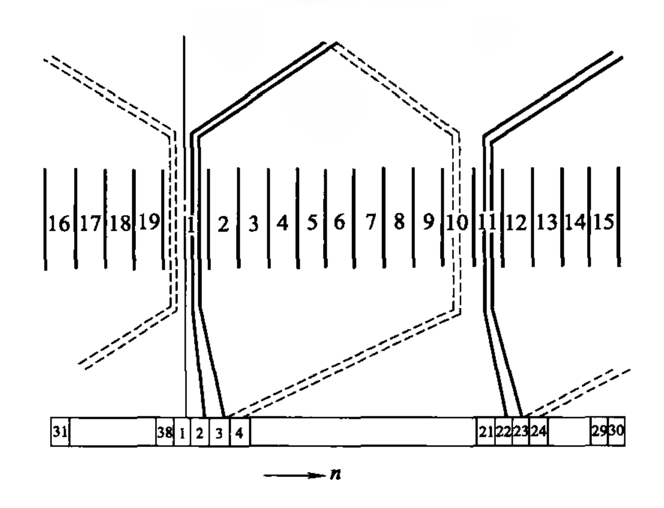


图 16-17　ϕ90 冲片电机转子绕组展开图

16.5　JIZ 系列单相电钻串励电机转子绕组展开图 

16.5.1　JIZ-6 型转子绕组展开图（图16-18）

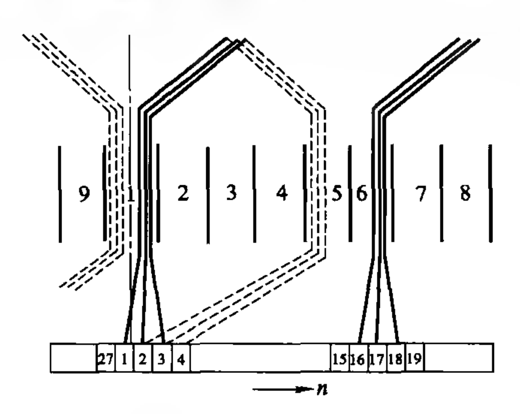


图 16-18　JIZ-6 型转子绕组展开图

（U=36V、110V、220V）

16.5.2　JIZ-10型转子绕组展开图（1）（图16-19）

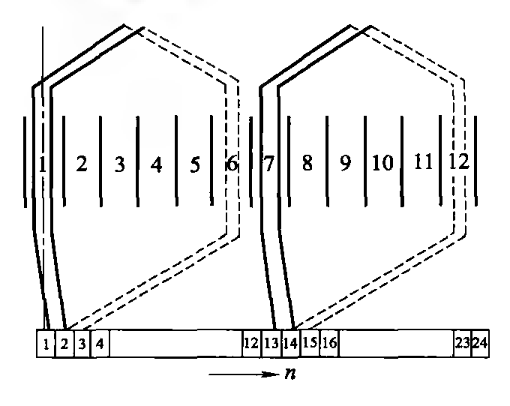


图 16-19　JIZ-10 型转子绕组展开图（1）

（U=24V、36V）

16.5.3　JIZ-10型转子绕组展开图（2）（图16-20）

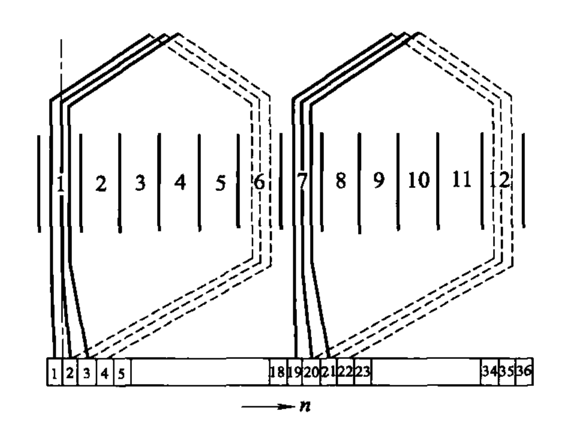


图 16-20　JIZ-10 型转子绕组展开图（2）

（U=110V、220V）

16.5.4　JIZ-13 型转子绕组展开图（1）（图16-21）

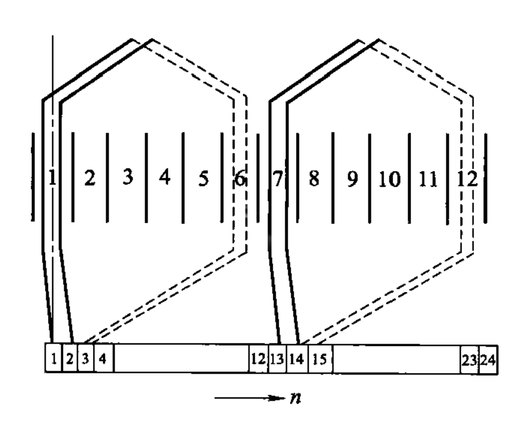


图 16-21　JIZ-13 型转子绕组展开图（1）
（U=36V）

16.5.5　JIZ-13 型转子绕组展开图（2）（图16-22）

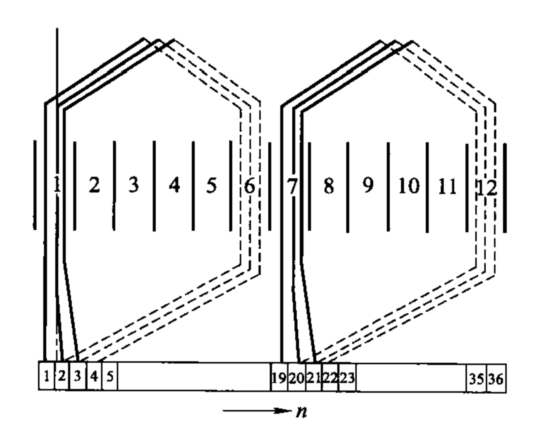


图 16-22　JIZ 13 型转子绕组展开图（2）
（U=110V、220V、240V）

16.5.6　JIZ-19 型转子绕组展开图（1）（图16-23）

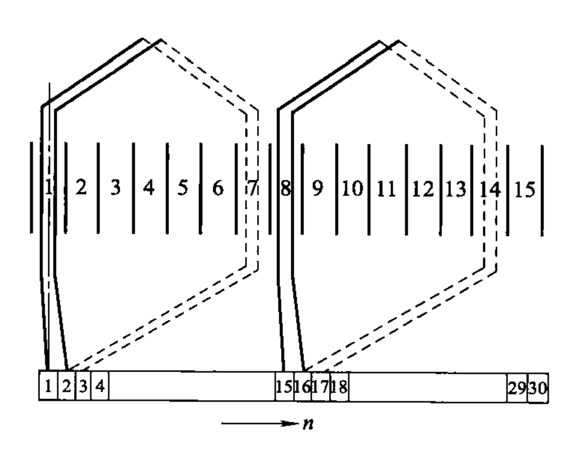


图 16-23　JIZ-19 型转子绕组展开图（1）
（U=110V）

16.5.7 JIZ-19 型转子绕组展开图（2）（图16-24）

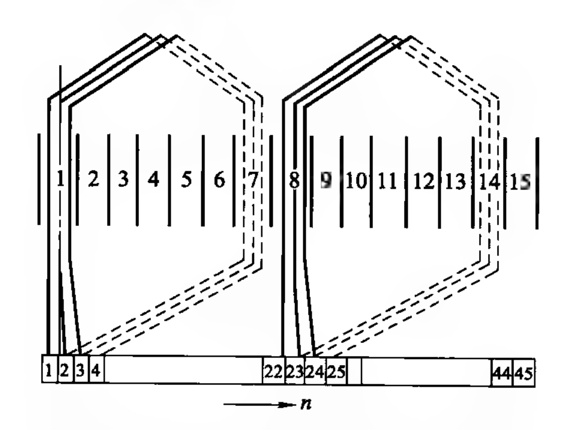


图 16-24 JIZ-19 型转子绕组展开图（2）
（U=220V）

16.5.8 JIZ-23 型转子绕组展开图（图16-25）

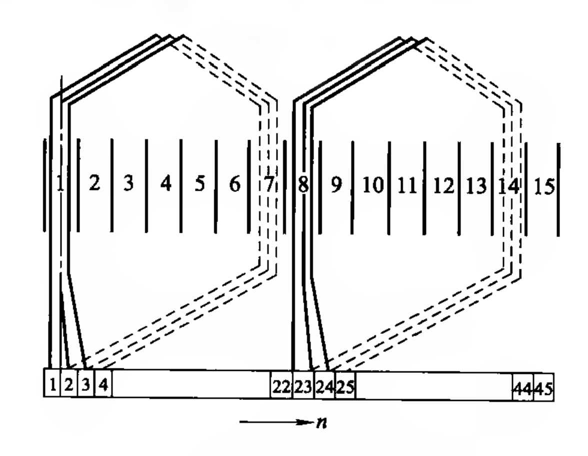
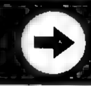


图 16-25 JIZ-23 型转子绕组展开图
（U=220V）

第17章 直流电机电枢绕组展开图

17.1 2极14槽电枢叠绕组展开图（图17-1）



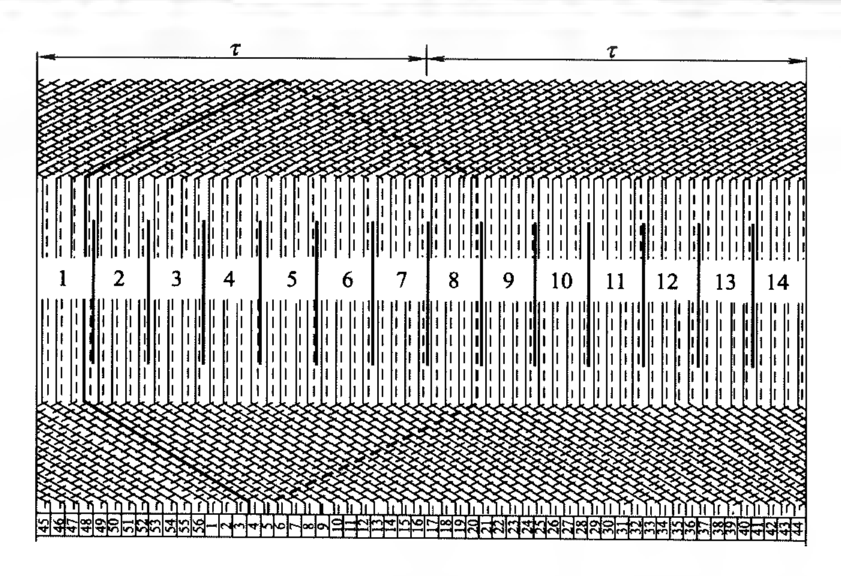
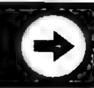


图 17-1 2极14槽电枢叠绕组展开图

（$y=1-8$，$y_k=+1$，$K=56$，$u=4$）

注：y—槽节距（又称实槽节距）；y_k—换向器节距；K—换向片数；u—每槽元件数（又称虚槽数）

17.2 2极18槽电枢叠绕组展开图（图17-2）



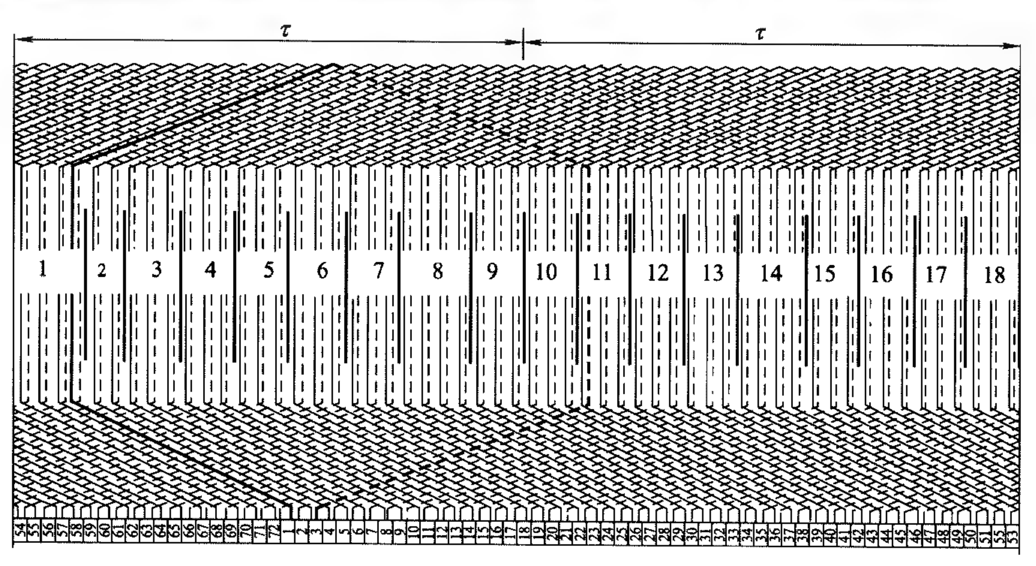
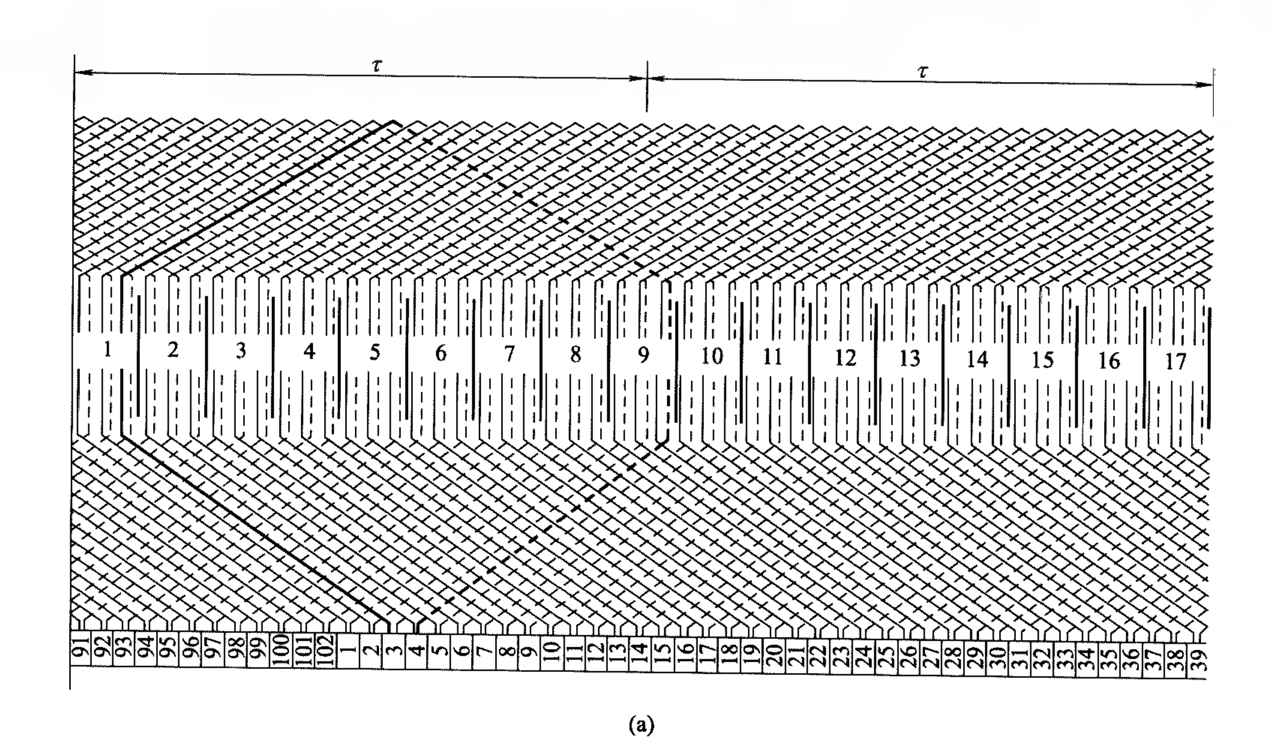


图 17-2 2极18槽电枢叠绕组展开图

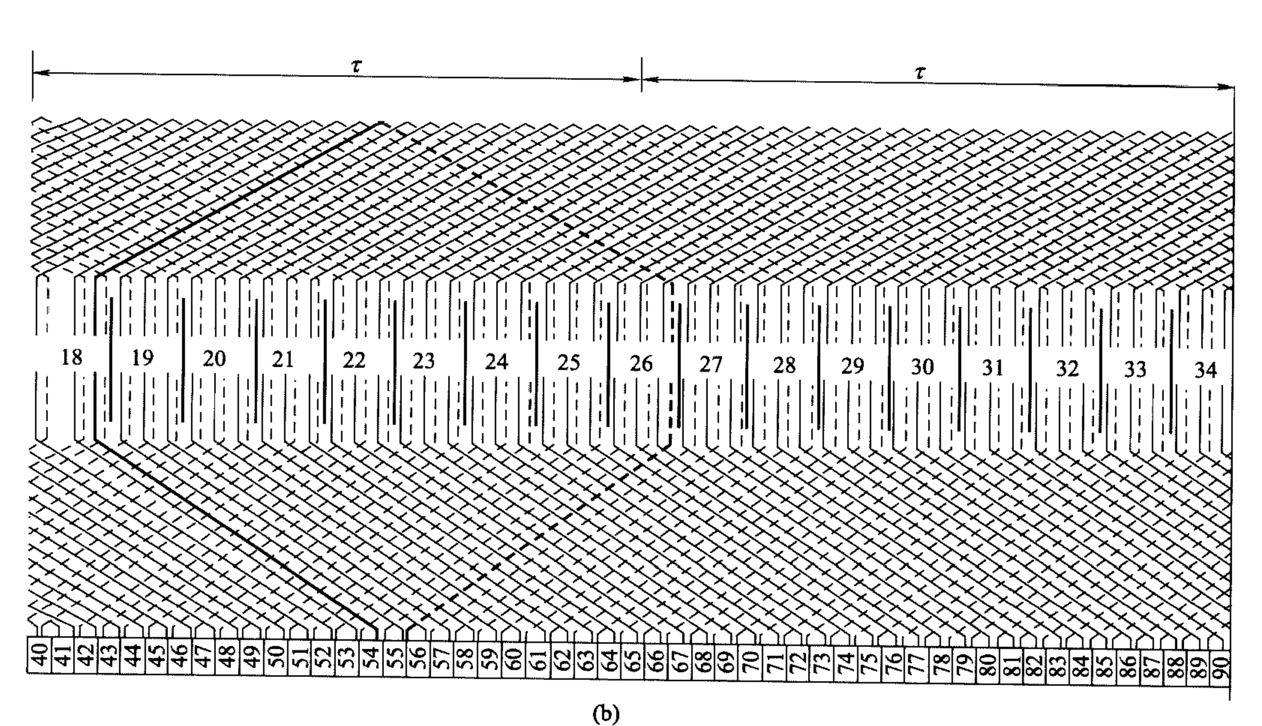
（$y=1-10$，$y_k=+1$，$K=72$，$u=4$）

17.3　4 极 34 槽电枢叠绕组展开图（图 17-3）





(a)

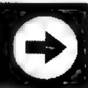


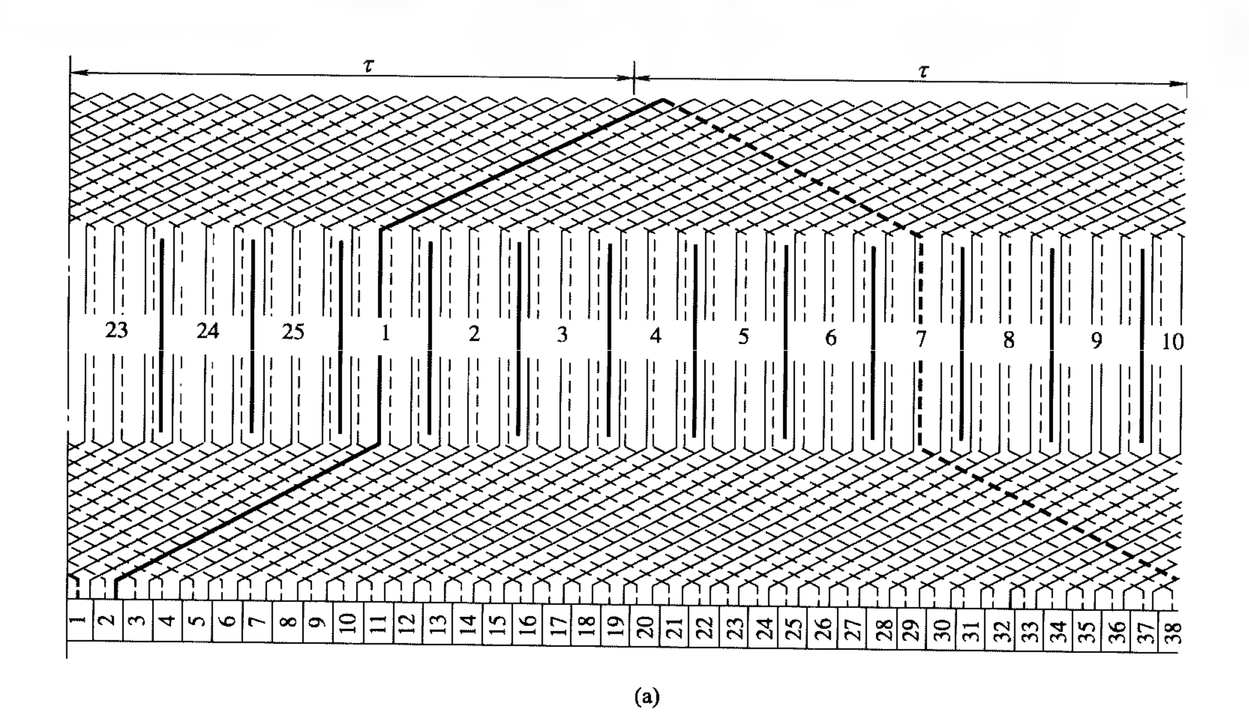
(b)

图 17-3　4 极 34 槽电枢叠绕组展开图

（$y=1-9$，$y_k=+1$，$K=102$，$u=3$）

17.4　4极25槽电枢单波绕组展开图（1）（图17-4）





(a)

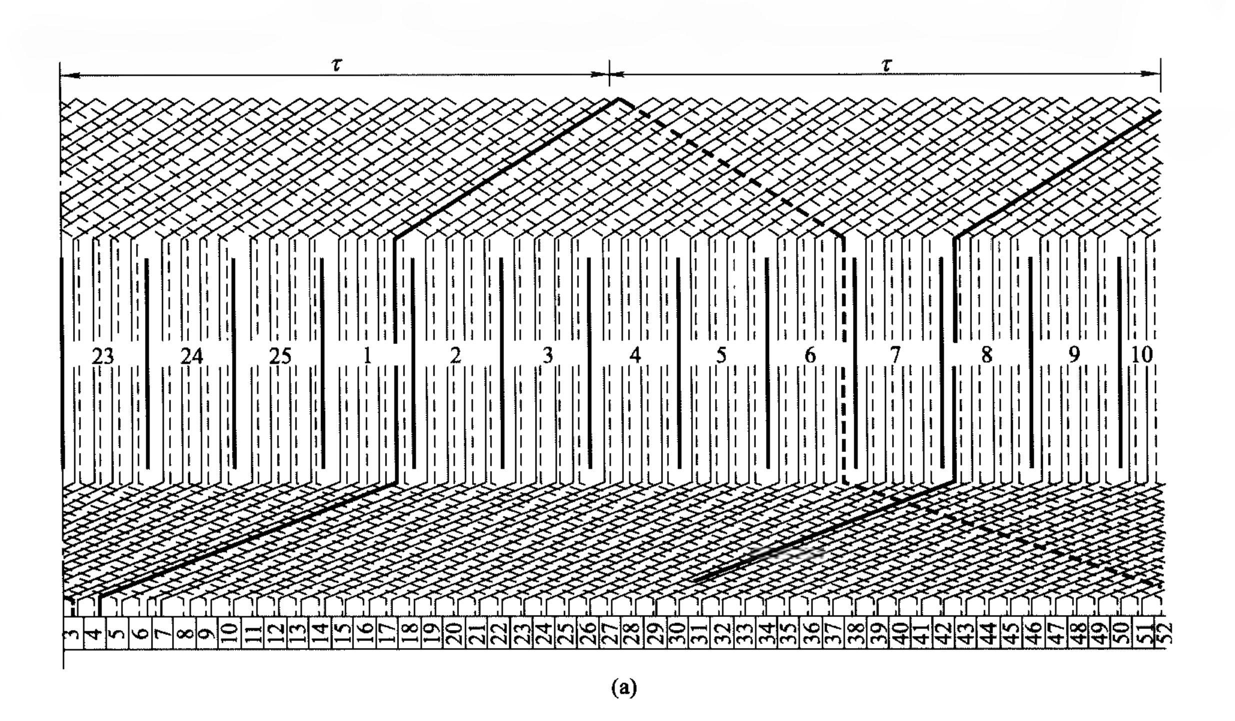
(b)

图 17-4　4 极 25 槽电枢单波绕组展开图（1）

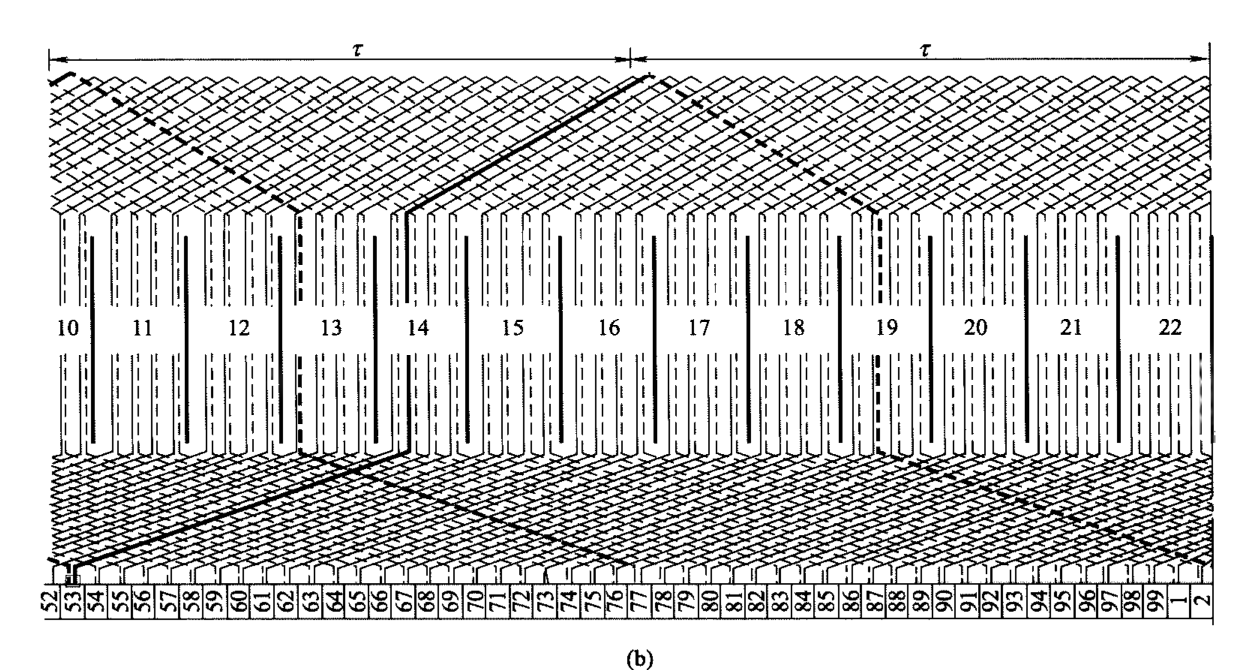
（$y=1-7$，$y_k=1-38$，$K=75$，$u=3$）

17.5 4极25槽电枢单波绕组展开图（2）（图17-5）





(a)



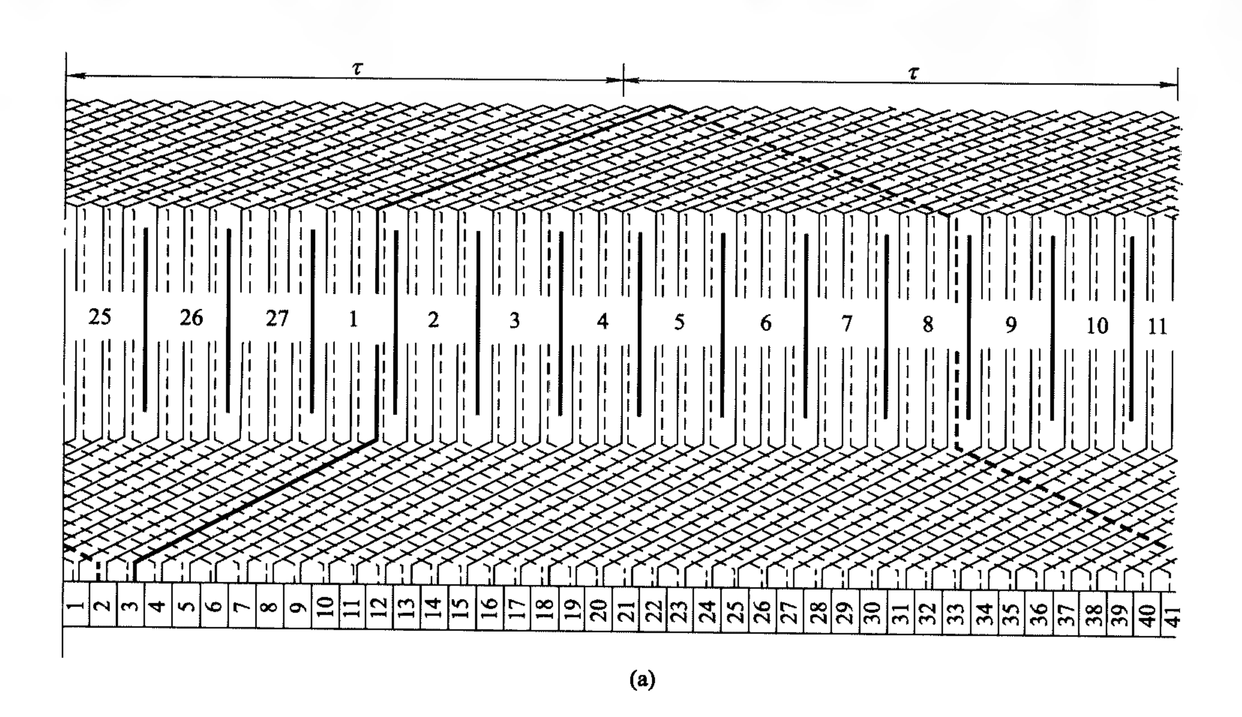
(b)

图 17-5 4 极 25 槽电枢单波绕组展开图（2）

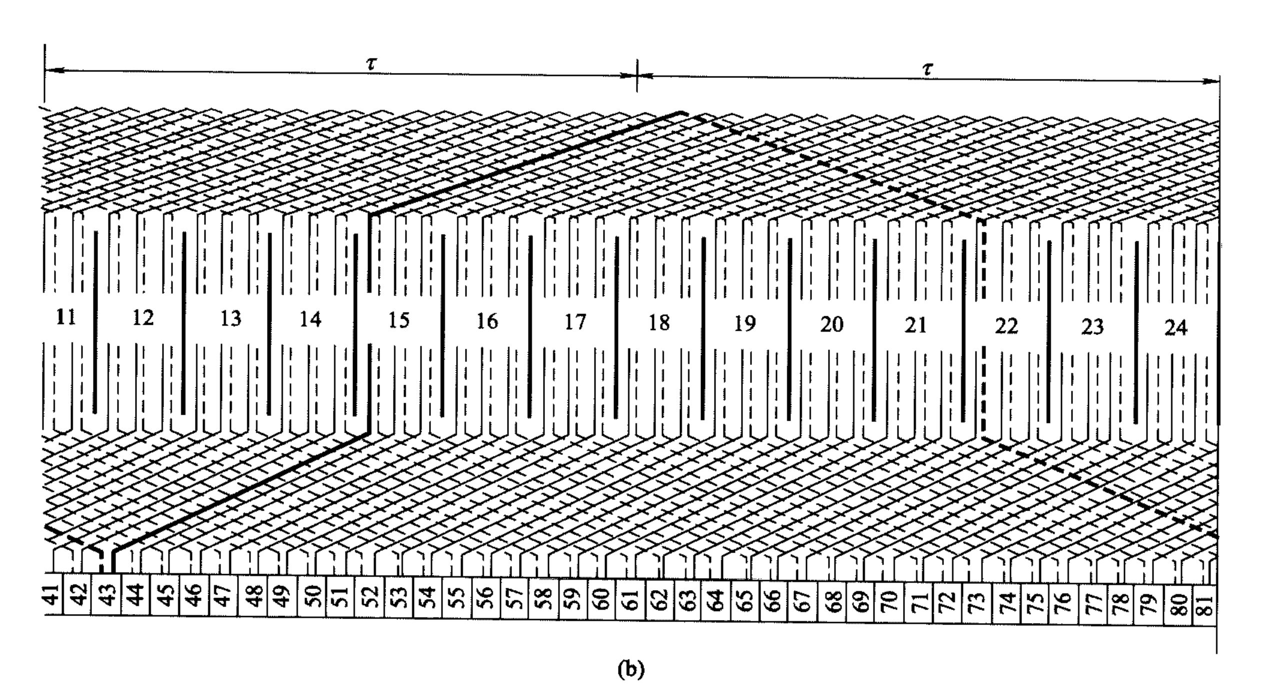
（y=1−6，y_k=1 50，K=99，u=4）

17.6　4极27槽电枢单波绕组展开图（1）（图17-6）





(a)



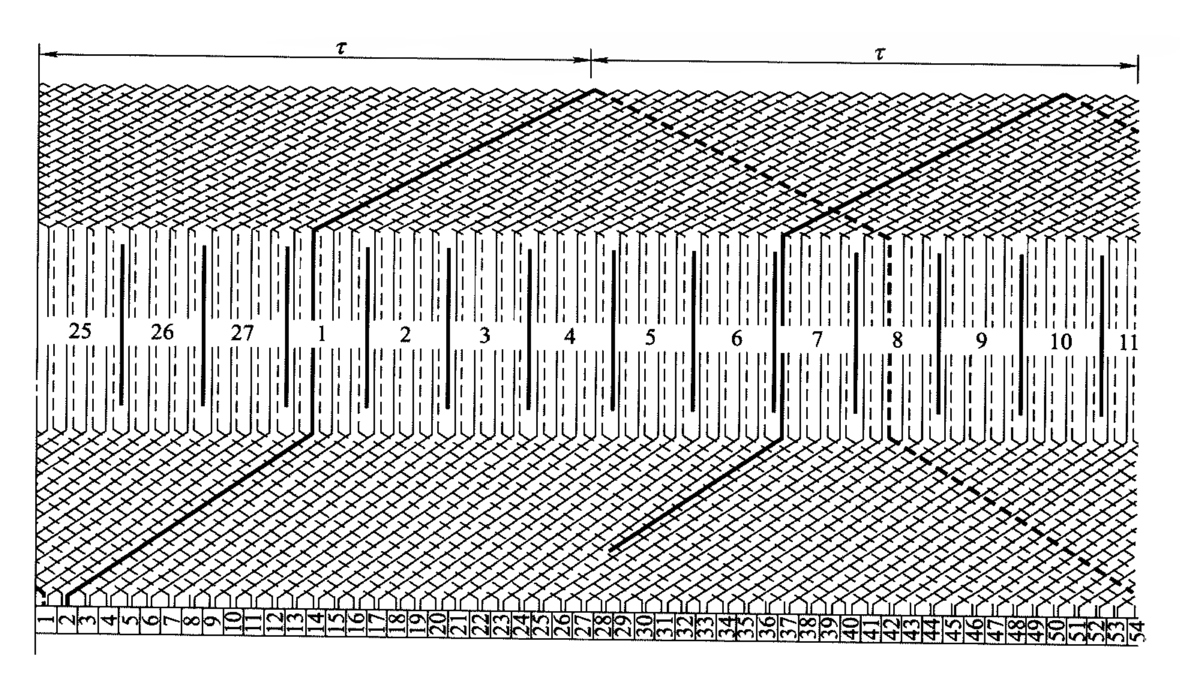
(b)

图 17-6　4 极 27 槽电枢单波绕组展开图（1）

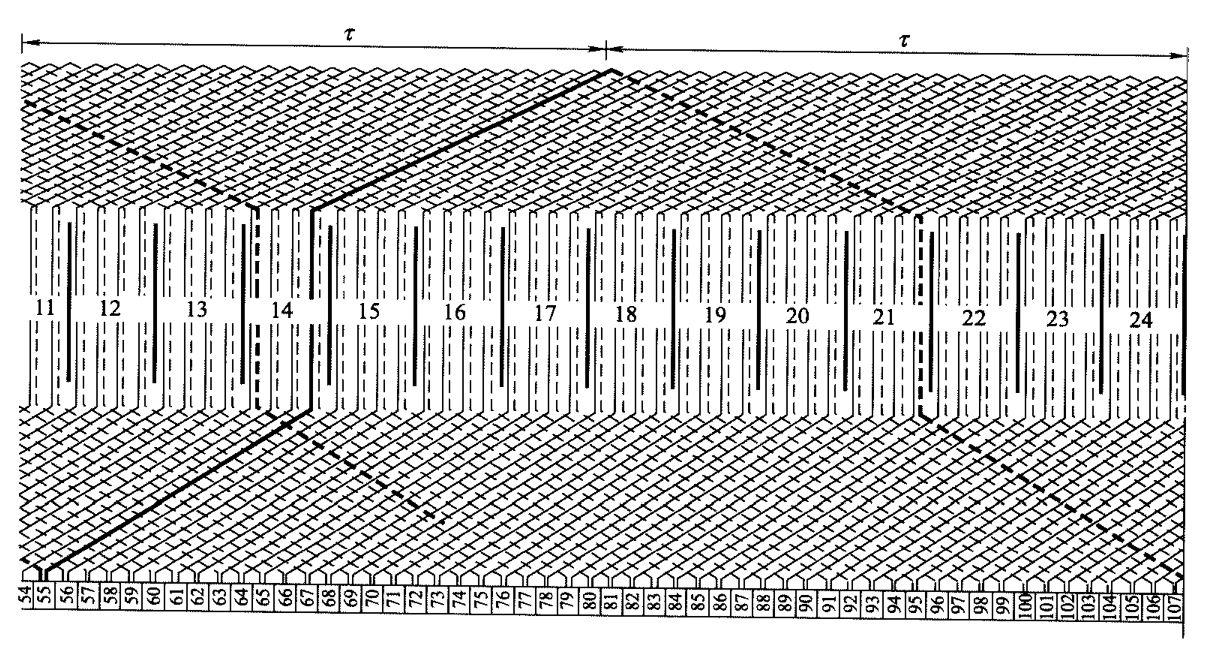
（$y=1-8$，$y_k=1-41$，$K=81$，$u=3$）

17.7 4极27槽电枢单波绕组展开图（2）（图17-7）





(a)

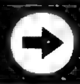


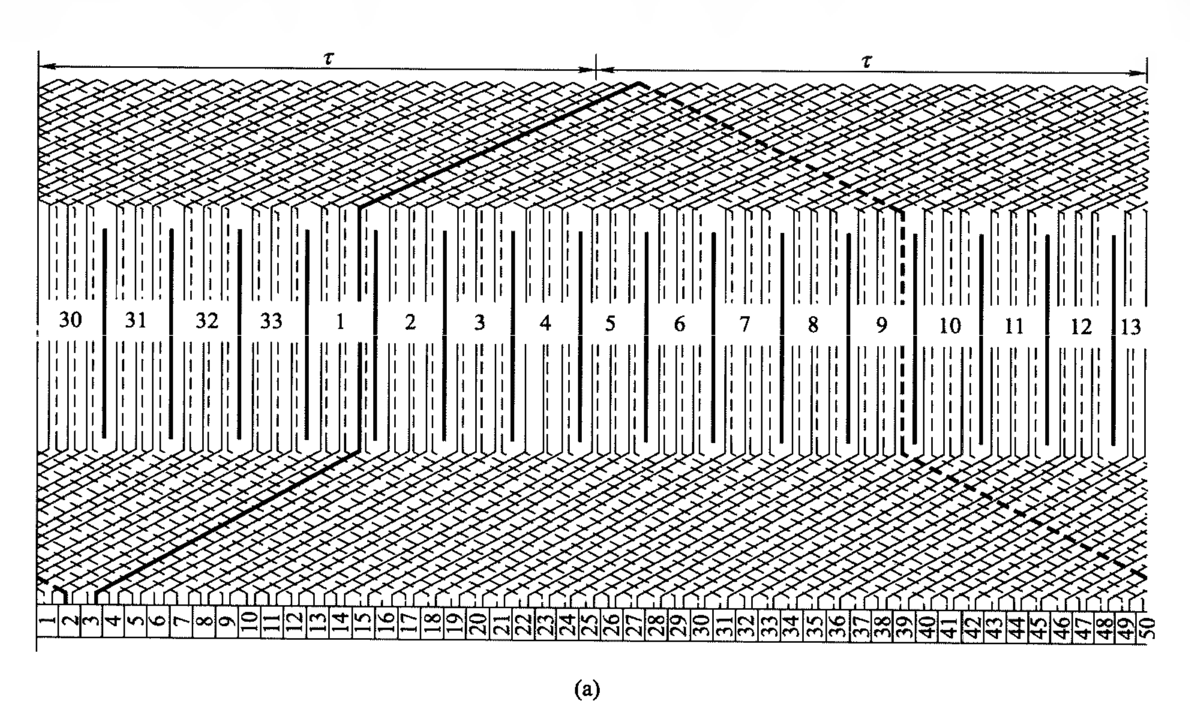
(b)

图 17-7 4极27槽电枢单波绕组展开图（2）

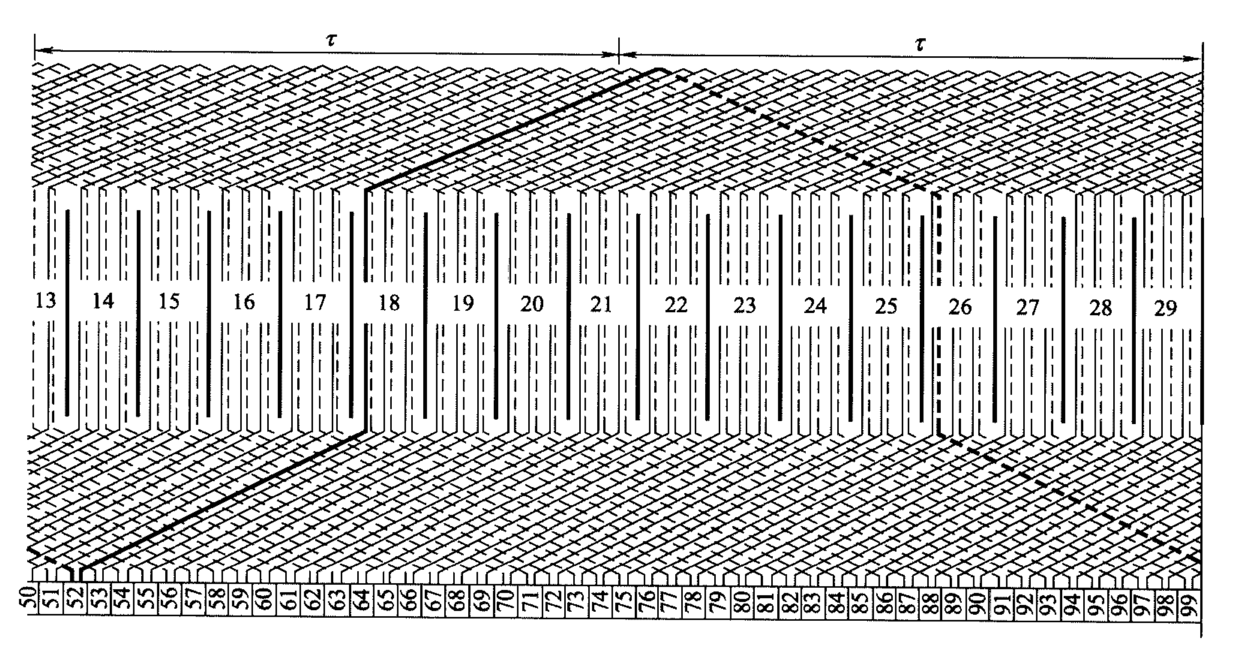
（y—1—8，y_k=1—54，K=107，u—4）

17.8　4 极 33 槽电枢单波绕组展开图（图 17-8）





(a)



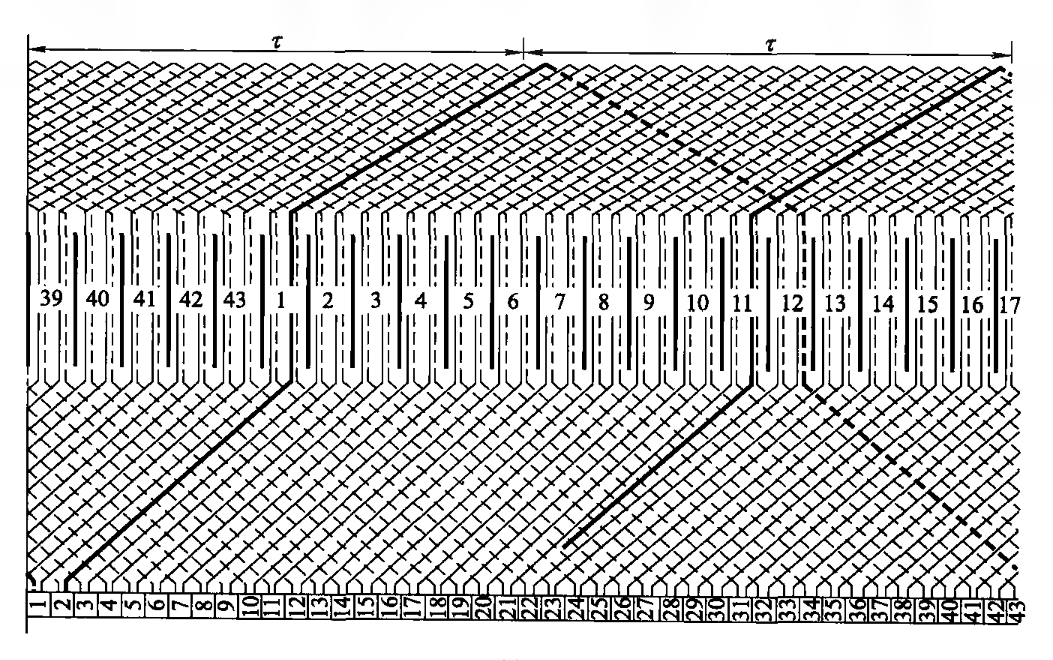
(b)

图 17-8　4 极 33 槽电枢单波绕组展开图

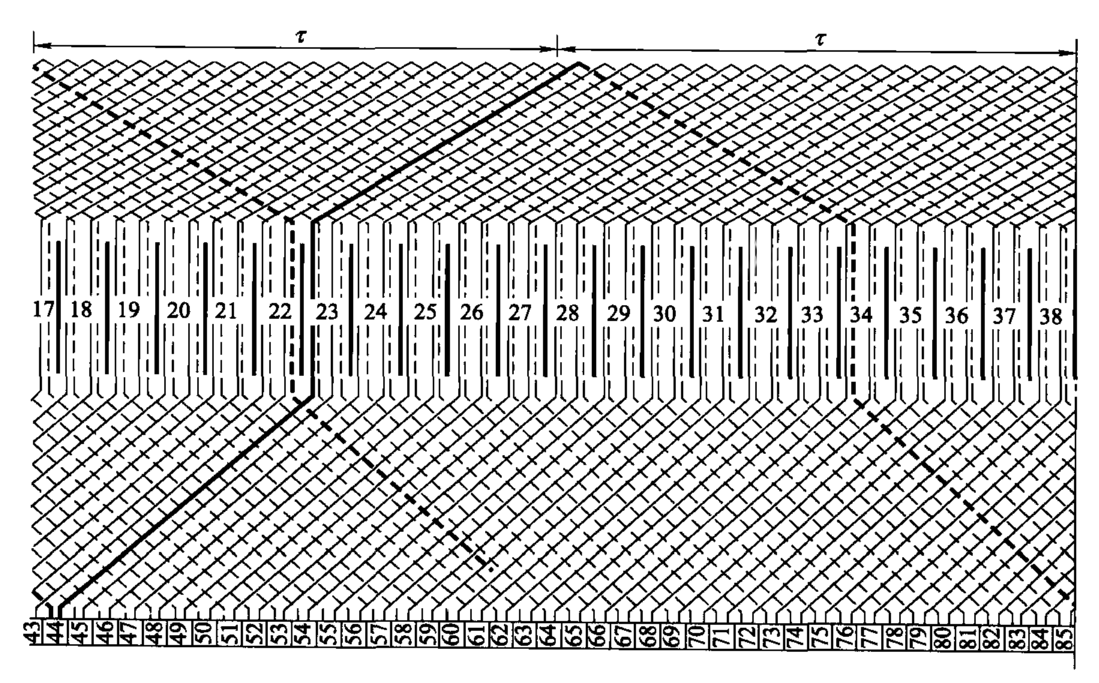
（y=1　9，y_k=1　50，K=99，u=3）

17.9　4极43槽电枢单波绕组展开图（图17-9）





(a)



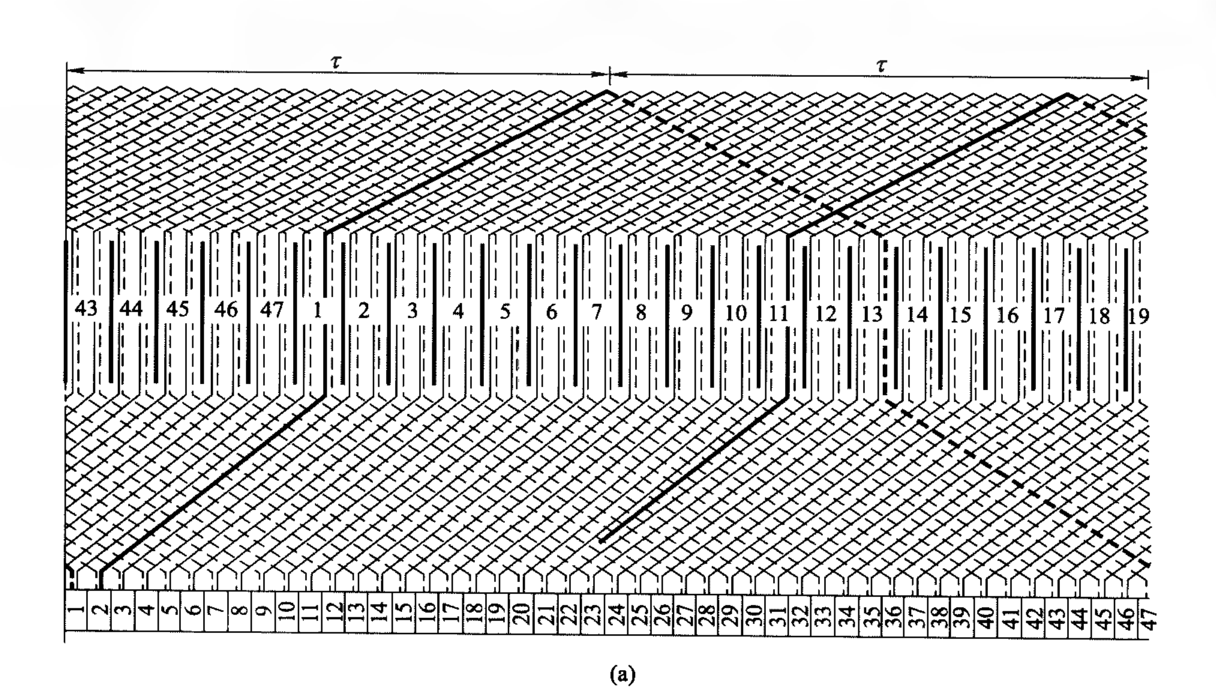
(b)

图17-9　4极43槽电枢单波绕组展开图

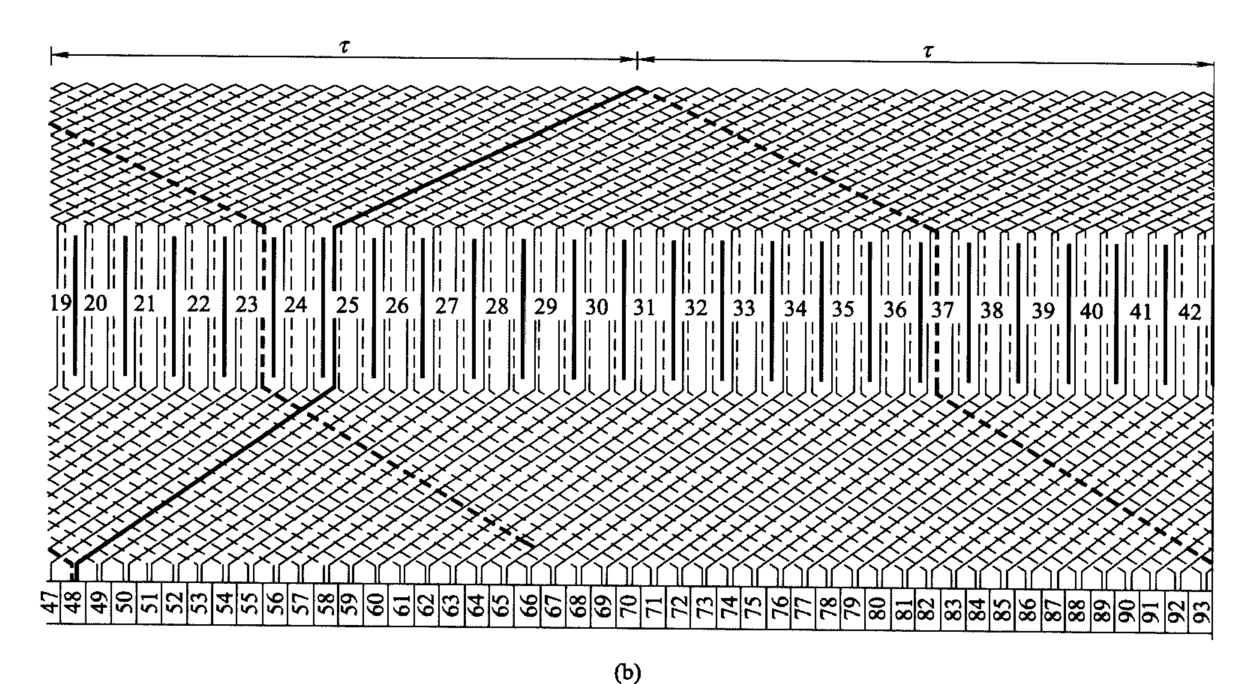
（$y=1-12$，$y_k=1-43$，$K=85$，$u=2$）

17.10　4 极 47 槽电枢单波绕组展开图（图 17-10）





(a)



(b)

图 17-10　4 极 47 槽电枢单波绕组展开图

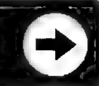
（$y=1-13$，$y_k=1-47$，$K=93$，$u=2$）

第 3 篇

常用电机技术数据

第18章 三相异步电机技术数据

18.1 笼型三相异步电机技术数据



18.1.1 Y系列（IP44）三相异步电机技术数据（表18-1）

表 18-1 Y系列（IP44）三相异步电机技术数据

型号	功率/kW	定子：铁芯长度/mm	定子：气隙长度/mm	定子：外径/mm	定子：内径/mm	定子：并联支路数	定子：每槽线数	定子：绕组形式	定子：线规：根数	定子：线规：直径/mm	定子：节距	定/转子槽数	电压/V	额定电流/A	空载电流/A	线重/(kg/台)
2极																
Y-801-2	0.75	65	0.30	120	67	1	111	单层交叉式	1	0.63	2(1—9) 1(1—8)	18/16	380Y	1.71	0.65	1.30
Y-802-2	1.1	80	0.30				90			0.71		18/16		2.41	0.82	1.45
Y-90S-2	1.5	85	0.35	130	72		74			0.85	2(1 9) 1(1—8)	18/16		3.33	1.24	1.60
Y-90L-2	2.2	110					58			0.95				4.66	1.60	1.90
Y-100L-2	3	100	0.40	155	84		40	单层同心式		1.18	1—12 2 11	24/20		6.12	2.2	2.80
Y-112M-2	4	105	0.45	175	98		48			1.06	1—16 2—15 3—14 1—14 2—13	30/26	380△	7.99	2.70	3.70
Y-132S-2	5.5		0.55	210	116		44			0.90 0.95				10.76	3.0	5.70
Y-132M-2	7.5	125		210	116		37			1.00 1.06				14.32	3.5	6.30
Y-160M1-2	11		0.65	260	150		28		2 1	1.18 1.25				21.24	6.0	11.20
Y-160M2-2	15	155	0.65	260	150		23		2 2	1.12 1.18				28.28	7.1	12
Y-160L-2	18.5	195		260	150		19		3 2	1.12 1.18				34.29	8.0	13.3
Y-180M-2	22	175	0.8	260	150		16	双层叠绕	2 2	1.30 1.40	1 14	36/28		41.8	12.3	14.65
Y-200L1-2	30	180	1.0	327	182	2	28		2 2	1.12 1.18				56.5	15.9	20.2
Y-200L2-2	37	210		327	182		24		1 2	1.40 1.50				68.8	18.7	22.4
Y-225M-2	45		1.1	368	210		22		3 1	1.40 1.50				83.7	24.3	28.8

续表

型号	功率/kW	定子 铁芯长度/mm	气隙长度/mm	外径/mm	内径/mm	并联支路数	每槽线数	绕组形式	线规 根数	线规 直径/mm	节距	定/转子槽数	电压/V	额定电流/A	空载电流/A	线重/(kg/台)
2 极																
Y-250M-2	55	195	1.2	400	225	2	20	双层叠绕	6	1.40	1—14	36/28	380△	102.8	29.9	37.6
Y-280S-2	75	225	1.5	445	255		14		7	1.50	1—16	42/34		139.2	38.5	45.6
Y-280M-2	90	260					12		8	1.50				165.8	46.4	47
4 极																
Y-801-4	0.55	65	0.25	120	75	1	128	链式	1	0.56	1—6	24/22	380Y	1.46	0.76	1.15
Y-802-4	0.75	80		120	75		103			0.63				1.93	0.97	1.30
Y-90S-4	1.1	90		130	80		81			0.71				2.7	1.30	1.40
Y-90L-4	1.5	120					63			0.80				3.55	1.60	1.60
Y-100L1-4	2.2	105	0.30	155	98		41	单层交叉式	2	0.71	2(1 9) 1(1—8)	36/32		4.87	2.1	2.5
Y-100L2-4	3	135		155	98		31		1	1.18				6.6	3.0	2.9
Y-112M-4	4			175	110		46			1.06			380△	8.56	3.8	3.7
Y-132S-4	5.5	115	0.4	210	136		47		1 1	0.90 0.95				11.26	4.2	5.7
Y-132M-4	7.5	160					35		2	1.06				15	5.4	6.5
Y-160M-4	11	155	0.5	260	170	2	56		1	1.3		36/26		22.07	7.6	8.4
Y-160L-4	15	195		260		1	22		2 1	1.25 1.18				29.9	10	9.9
Y-180M-4	18.5	190	0.55	290	187	2	32	双层叠绕	2	1.18	1—11	48/44		36	13.5	12.5
Y-180L-4	22	220		290			28			1.3				42.3	15.2	14.2
Y-200L-4	30	230	0.65	327	210	4	48		1 1	1.06 1.12				56.9	19.4	18.4
Y-225S-4	37	200	0.7	368	245		46		2	1.25	1—12			69.4	21.3	24.1
Y-225M-4	45	235		368			40		1 1	1.30 1.40				83.4	23.6	26.3
Y-250M-4	55	240	0.8	400	260		36		3	1.3				101.7	29.2	34.6
Y-280S-4	75		0.9	445	300		26		2 2	1.25 1.30	1—14	60/50		137.5	38.8	42.1
Y-280M-4	90	325	0.9	445	300		20	双叠	5	1.30				163.7	47.1	48.4
6 极																
Y-90S-6	0.75	100	0.25	130	86	1	77	单层链式	1	0.67	1 6	36/33	380Y	2.13	1.30	1.7
Y-90L-6	1.1	125					60			0.75				2.97	1.60	1.9
Y-100L-6	1.5	100		155	106		53			0.85				3.83	2.10	2.0
Y-112L-6	2.2	110	0.30	175	120		44			1.06				5.44	2.90	2.8
Y-132S-6	3		0.35	210	148		38			0.85 0.90				6.99	3.50	3.5

续表

型号	功率/kW	定子：铁芯长度/mm	气隙长度/mm	外径/mm	内径/mm	并联支路数	每槽线数	绕组形式	线规：根数	线规：直径/mm	节距	定/转子槽数	电压/V	额定电流/A	空载电流/A	线重/(kg/台)
6极																
Y-132M1-6	4	140	0.35	210	148	1	52	单层链式	1	1.06	1 6	36/33	380△	9.12	4.4	4.0
Y-132M2-6	5.5	180					42			1.25				12.04	5.1	5.2
Y-160M-6	7.5	145	0.40	260	180		38		2	1.12				16.35	7.3	7.1
Y-160L-6	11	195					28		4	0.95				23.7	10.1	8.9
Y-180L-6	15	200	0.45	290	205	2	34	双层叠绕	1	1.50	1—9	54/44		31	13.3	11.1
Y-200L1-6	18.5	190	0.50	327	230		32		1 1	1.12 1.18				37.5	14.8	12.3
Y-200L2-6	22	220					28		2	1.25				44	16.6	13.8
Y-225M-6	30	200		368	260				2 1	1.30 1.40				58	17.8	23.8
Y-250M-6	37	225	0.55	400	285	3			1 2	1.12 1.18	1 12	72/58		69.3	19.4	27.2
Y-280S-6	45	215	0.65	445	325		26		2 1	1.30 1.40				84.2	22.8	34.4
Y-280M-6	55	260		445			22		1 2	1.40 1.50				102	26.2	38.6
8极																
Y-132S-8	2.2	110	0.35	210	148	1	39	单层链式	1	1.12	1—6	48/44	380Y	5.77	3.4	4.0
Y-132M-8	3	140					31			1.30				7.56	4.2	4.4
Y-160M1-8	4	110	0.40	260	180		49			1.25			380△	9.68	5.3	6.3
Y-160M2-8	5.5	145					39		2	1.0				13	6.9	7.2
Y-160L-8	7.5	195					30		1 1	1.12 1.18				17.2	8.5	8.7
Y-180L-8	11	200	0.45	290	205	2	46	双层叠绕	2	0.9	1 7	54/58		24.4	12.2	9.9
Y-200L-8	15	190	0.50	327	230		40		1	1.5				32.9	16	11.9
Y-225S-8	18.5	170		368	260		38		2	1.4				39.7	18.2	20.8
Y-225M-8	22	210					32			1.5				46.4	20.2	21.9
Y-250M-8	30	225	0.55	400	285		22		3	1.3	1 9	72/58		61.6	25.7	23.9
Y-280S-8	37	215	0.65	445	325	4	40		2					76.1	32.1	29.5
Y-280M-8	45	260					34		1 1	1.4 1.5				90.8	35.8	24.7

18.1.2　Y 系列（IP23）三相异步电机技术数据（表18-2）

表 18-2　Y 系列（IP23）三相异步电机技术数据（380V、50Hz）

型号	功率/kW	额定时				堵转电流/额定电流/倍	堵转转矩/额定转矩/倍	最大转矩/额定转矩/倍	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定子外径/mm	定子内径/mm	定子线规(根-mm)	每槽导体数	并联支路数与接法	绕组形式	节距	槽数 Z_1/Z_2
		定子电流/A	转速/(r/min)	效率/%	功率因数													
Y160M-2	15	29	2910	88	0.88	7.0	1.7	2.2	100	0.8	290	160	2-1.06、1-1.12	24	1△	双层叠式	1 -14	36/28
Y160L1-2	18.5	36	2910	89	0.89	7.0	1.8	2.2	125	0.8	290	160	1-1.4、1-1.5	20	1△		1 14	36/28
Y160L2-2	22	42	2910	89.5	0.89	7.0	2.0	2.2	135	0.8	290	160	1-1.5、1-1.6	18	1△		1—14	36/28
Y160M-4	11	23	1460	87.5	0.85	7.0	1.9	2.2	100	0.55	290	187	1-1.18	54	2△		1—11	48/44
Y160L1-4	15	30	1460	88	0.86	7.0	2.0	2.2	130	0.55	290	187	1-1.3	42	2△		1 —11	48/44
Y160L2-4	18.5	37	1460	89	0.86	7.0	2.0	2.2	150	0.55	290	187	1-1.4、1 1.5	18	1△		1—11	48/44
Y160M-6	7.5	17	960	85	0.79	6.5	2.0	2.0	95	0.45	290	205	1-1.4	32	1△		1—9	54/44
Y160L-6	11	25	960	86.5	0.78	6.5	2.0	2.0	125	0.45	290	205	2-1.18	24	1△		1 -9	54/44
Y160M-8	5.5	14	720	83.5	0.73	6.0	2.0	2.0	95	0.45	290	205	1-1.3	42	1△		1 7	54/50
Y160L-8	7.5	18	720	85	0.73	6.0	2.0	2.0	125	0.45	290	205	1-1.0、1-1.06	32	1△		1 -7	54/50
Y180M-2	30	57	2940	89.5	0.89	7.0	1.7	2.2	135	1.0	327	182	2-1.3	32	2△		1 14	36/28
Y180L-2	37	70	2940	90.5	0.89	7.0	1.9	2.2	160	1.0	327	182	2-1.4	27	2△		1—14	36/28
Y180M-4	22	43	1460	89.5	0.86	7.0	1.9	2.2	135	0.65	327	210	2 1.12	36	2△		1—11	48/44
Y180L-4	30	58	1460	90.5	0.87	7.0	1.9	2.2	175	0.65	327	210	2-1.3	32	2△		1 11	48/44
Y180M-6	15	32	970	88	0.81	6.5	1.8	2.0	125	0.50	327	230	1-1.4	44	2△		1—9	54/44
Y180L-6	18.5	38	970	88.5	0.83	6.5	1.8	2.0	155	0.50	327	230	2-1.06	36	2△		1—9	54/44
Y180M-8	11	26	720	86.5	0.74	6.0	1.8	2.0	125	0.50	327	230	2-0.9	56	2△		1—7	54/50
Y180L-8	15	34	720	87.5	0.76	6.0	1.8	2.0	155	0.50	327	230	2-1.0	44	2△		1—7	54/50
Y200M-2	45	84	2940	91	0.89	7.0	1.9	2.2	155	1.1	368	210	2-1.25、1-1.3	24	2△		1—14	36/28
Y200L-2	55	103	2950	91.5	0.89	7.0	1.9	2.2	185	1.1	368	210	3-1.4	21	2△		1—14	36/28
Y200M-4	37	71	1470	90.5	0.87	7.0	2.0	2.2	155	0.7	368	245	1-1.12、2-1.18	26	2△		1 -11	48/44
Y200L-4	45	86	1470	91.5	0.87	7.0	2.0	2.2	185	0.7	368	245	3-1.3	22	2△		1 11	48/44
Y200M-6	22	44	970	89	0.85	6.5	1.7	2.0	135	0.50	368	260	2-1.18	36	2△		1 9	54/44
Y200L-6	30	59	980	89.5	0.87	6.5	1.7	2.0	165	0.50	368	260	1-1.3、1 1.4	30	2△		1—9	54/44

续表

型号	功率/kW	额定时				堵转电流/额定电流/倍	堵转转矩/额定转矩/倍	最大转矩/额定转矩/倍	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定子外径/mm	定子内径/mm	定子线规(根-mm)	每槽导体数	并联支路数与接法	绕组形式	节距	槽数 Z_1/Z_2
		定子电流/A	转速/(r/min)	效率/%	功率因数													
Y200M-8	18.5	41	730	88.5	0.78	6.0	1.7	2.0	135	0.50	368	260	1-1.6	44	2△		1—7	54/50
Y200L-8	22	48	740	89	0.78	6.0	1.7	2.0	165	0.50	368	260	2-1.25	36	2△		1　7	54/50
Y225M-2	75	140	2960	91.5	0.89	7.0	1.8	2.2	185	1.2	400	225	3-1.6	18	2△		1 -14	36/28
Y225M-4	55	104	1470	91.5	0.88	7.0	1.8	2.2	185	0.8	400	260	1-1.25、1-1.3	40	4△		1—12	48/44
Y225M-6	37	71	980	90.5	0.87	6.5	1.7	2.0	175	0.55	400	285	1-1.18、1-1.25	30	3△		1　12	72/58
Y225M-8	30	63	740	89.5	0.81	6.0	1.7	2.0	175	0.55	400	285	1-1.4	50	4△		1—9	72/58
Y250S-2	90	167	2960	92	0.89	7.0	1.7	2.2	170	1.5	445	225	2-1.3、3-1.4	16	2△		1—16	42/34
Y250M-2	110	201	2960	92.5	0.90	7.0	1.7	2.2	195	1.5	445	225	4-1.5、1-1.6	14	2△		1—16	42/34
Y250S-4	75	141	1470	92	0.88	7.0	2.0	2.2	185	0.9	445	300	2-1.25、3-1.3	14	2△		1—14	60/50
Y250M-4	90	168	1470	92.5	0.88	7.0	2.2	2.2	215	0.9	445	300	4-1.25、2-1.3	12	2△	双层叠式	1—14	60/50
Y250S-6	45	87	980	91	0.86	6.5	1.8	2.0	165	0.65	445	325	2-1.4	28	3△		1—12	72/58
Y250M-6	55	106	980	91	0.87	6.5	1.8	2.0	195	0.65	445	325	4-1.06	24	3△		1—12	72/58
Y205S-8	37	78	740	90	0.80	6.0	1.6	2.0	165	0.65	445	325	1-1.06、1-1.12	46	4△		1 —9	72/58
Y250M-8	45	94	740	90.5	0.80	6.0	1.8	2.0	195	0.65	445	325	1-1.18、1-1.25	38	4△		1—9	72/58
Y280M-2	132	241	2970	92.5	0.90	7.0	1.6	2.2	200	1.6	493	280	6-1.5	12	2△		1 -16	42/34
Y280S-4	110	205	1480	92.5	0.88	7.0	1.7	2.2	200	1.0	493	330	4-1.25	24	4△		1　14	60/50
Y280M-4	132	245	1480	93	0.88	7.0	1.8	2.2	240	1.0	493	330	4-1.4	20	4△		1 —14	60/50
Y280S-6	75	143	980	91.5	0.87	6.5	1.8	2.0	185	0.70	493	360	3-1.4	22	3△		1—12	72/58
Y280M-6	90	169	980	92	0.88	6.5	1.8	2.0	240	0.70	493	360	3-1.5	18	3△		1 —12	72/58
Y280S-8	55	115	740	91	0.80	6.0	1.8	2.0	185	0.70	493	360	1-1.3、1-1.4	36	4△		1—9	72/58
Y280M-8	75	154	740	91.5	0.81	6.0	1.8	2.0	240	0.70	493	360	1-1.5、1-1.6	28	4△		1 -9	72/58

18.1.3　Y2系列（IP54）三相异步电机性能和绕组技术数据（表18-3）

表 18-3　Y2 系列（IP54）三相异步电机性能和绕组技术数据

型号	功率/kW	电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	功率因数 cosφ	效率/%	定子/转子槽数 Z_1/Z_2	气隙长度/mm	定子绕组					空载电流/A
									绕组形式	并联支路数	每槽线数	线规（F级）根数-直径/mm	节距	
2 极														
Y2-801-2	0.75	380Y	1.8	2825	0.835	76.59	18/16	0.30	单层交叉式	1	109	1-0.60	2(1—9) 1(1—8)	0.75
Y2-802-2	1.10		2.6		0.853	78.52					87	1-0.67		0.96
Y2-90S-2	1.50		3.4	2840	0.858	79.31		0.35			77	1-0.80		1.22
Y2-90L-2	2.20		4.9		0.868	81.94					59	1-0.95		1.61
Y2-100L-2	3.0		6.3	2880	0.886	83.54	24/20	0.40	单层同心式		43	2-0.80	1—12 2—11	2.06
Y2-112M-2	4.0	380△	8.1	2890	0.908	85.56	30/26	0.45	单层同心式	1	54	1-0.95	1—16 2—15 3—14 1—14 2—13	1.36
Y2-132S1-2	5.5		11.0	2900	0.891	87.60		0.55			44	2-0.90		2.06
Y2-132S2-2	7.5		14.9		0.907	88.25					38	1-0.95 1-1.00		2.34
Y2-160M1-2	11.0		21.3	2930	0.897	88.99		0.65			28	3-1.06		3.59
Y2-160M2-2	15.0		28.8		0.905	90.10					23	3-1.18		4.41
Y2-160L-2	18.5		34.7		0.912	91.03					19	3-1.32		5.05
Y2-180M-2	22	380△	41	2940	0.911	90.56	36/28	0.80	双层叠绕	2	34	2-1.25	1—14	6.42
Y2-200L1-2	30		55.5	2950	0.909	91.50		1.00			31	1-1.18 2-1.25		8.32
Y2-200L2-2	37		67.9		0.916	92.22					26	2-1.12 2-1.18		9.54
Y2-225M-2	45		82.3	2970	0.910	92.79		1.10			24	3-1.50		12.33
Y2-250M-2	55		100.4		0.899	93.28		1.20			20	1-1.30 4-1.40		16.29
Y2-280S-2	75		134.4		0.915	93.45	42/34	1.30			16	6-1.30 1-1.40	1—16	19.08
Y2-280M-2	90		160.2		0.920	93.97					14	6-1.30 2-1.40		21.19
Y2-315S-2	110		195.4	2980	0.911	94.08	48/40	1.50			10	11-1.40 4-1.50	1—18	28.09
Y2-315M-2	132		233.2		0.916	94.55					9	7-1.40 9-1.50		30.66

续表

型　号	功率/kW	电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	功率因数 cosφ	效率/%	定子/转子槽数 Z_1/Z_2	气隙长度/mm	定子绕组					空载电流/A
									绕组形式	并联支路数	每槽线数	线规(F级) 根数-直径/mm	节距	
2极														
Y2-315L1-2	160	380△	279.3	2980	0.919	94.63	48/40	1.50	双层叠绕	2	8	7-1.40 11-1.50	1 -18	34.53
Y2-315L2-2	200		348.4		0.921	94.84					7	13-1.40 8-1.50		39.37
Y2-355M-2	250	380△	433.2	2985	0.927	95.43	48/40	1.60	双层叠绕	2	6	14-1.40 19-1.50	1 -18	42.55
Y2-355L-2	315		544.2		0.928	95.70					5	20-1.40 20-1.50		50.68
4极														
Y2-801-4	0.55	380Y	1.6	1390	0.752	71.86	24/22	0.25	单层链式	1	129	1-0.53	1 -6	0.82
Y2-802-4	0.75		2.0		0.772	73.86					110	1-0.60		0.99
Y2-90S-4	1.10		2.9	1400	0.794	75.05					90	1-0.67		1.27
Y2-90L-4	1.50		3.7		0.797	78.25					67	1-0.80		1.63
Y2-100L1-4	2.2		5.2	1420	0.818	80.78	36/28	0.30	单层交叉式		44	1-0.67 1-0.71	2(1 -9) 1(1—8)	2.21
Y2-100L2-4	3.0		6.8		0.831	82.30					34	1-1.12		2.76
Y2-112M-4	4.0	380△	8.8	1440	0.828	85.17	36/28	0.35	单层交叉式	1	52	1-1.10	2(1—9) 1(1 -8)	2.07
Y2-132S-4	5.5		11.8		0.840	86.62		0.40			47	1-1.18		2.55
Y2-132M-4	7.5		15.6		0.848	87.81					35	2-0.95		3.32
Y2-160M-4	11		22.3	1460	0.841	89.35		0.50			29	1-1.18 1-1.25		4.82
Y2-160L-4	15		30.1		0.846	90.32					22	1-1.12 2-1.18		6.31
Y2-180M-4	18.5	380△	36.5	1470	0.857	90.98	48/38	0.60	双层叠绕	2	34	1-1.06 1-1.12	1-11	7.87
Y2-180L-4	22		43.2		0.858	91.35					30	2-1.18		9.23
Y2-200L-4	30		57.6	1480	0.865	92.18		0.70			26	3-1.18		11.75
Y2-225S-4	37		69.9		0.872	92.63		0.80			50	3-0.95	1-12	12.56
Y2-225M-4	45		84.7		0.873	93.23					41	2-1.30		15.42
Y2-250M-4	55	380△	103.3	1480	0.870	93.30	48/38	0.90	双层叠绕	2	20	1-1.40 3-1.50	1 —11	18.76
Y2-280S-4	75		139.6		0.881	93.73	60/50	1.00		4	26	3 1.40	1—14	23.11
Y2-280SM-4	90		166.9	1485	0.875	94.32					22	1-1.30 3-1.40		31.00

续表

型　号	功率/kW	电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	功率因数 cosφ	效率/%	定子/转子槽数 Z_1/Z_2	气隙长度/mm	定子绕组 绕组形式	并联支路数	每槽线数	线规(F级) 根数-直径/mm	节距	空载电流/A
4 极														
Y2-315S-4	110	380△	201	1485	0.882	94.69	72/64	1.10	双层叠绕	4	17	2-1.40 4-1.50	1—16	33.32
Y2-315M-4	132		240.4		0.883	94.95					15	3-1.40 4-1.50		38.53
Y2-315L1-4	160	380△	287.8	1485	0.889	94.94	72/64	1.10	双层叠绕	4	13	3-1.40 5-1.50	1—16	42.68
Y2-315L2-4	200		359.4		0.892	94.93					11	8-1.40 2-1.50		51.00
Y2-355M-4	250	380△	442.9	1490	0.909	95.47	72/64	1.20	双层叠绕	4	11	7-1.40 8-1.50	1—16	53.43
Y2-355L-4	315		556.2		0.913	95.78					9	6-1.40 12-1.50		63.47
6 极														
Y2-801-6	0.37	380Y	1.3	900	0.707	62.61	36/28	0.25	单层链式	1	127	1-0.45	1—6	0.74
Y2-802-6	0.55		1.8		0.724	66.02					98	1-0.53		0.96
Y2-90S-6	0.75		2.3	910	0.725	70.29					84	1-0.63		1.24
Y2-90L-6	1.10		3.2		0.737	73.02					63	1-0.75		1.64
Y2-100L-6	1.50		3.9	940	0.761	76.29					61	1-0.85		1.88
Y2-112M-6	2.2		5.6		0.765	79.73		0.30			50	1-1.10		2.63
Y2-132S-6	3.0	380Y	7.4	960	0.770	83.43	36/42	0.35	单层链式	1	43	1-1.18	1—6	3.67
Y2-132M1-6	4.0	380△	9.9		0.773	84.74					56	2-0.71		2.76
Y2-132M2-6	5.5		12.9		0.790	86.29					43	1-1.18		3.43
Y2-160M-6	7.5		16.9	970	0.781	87.51		0.40			40	1-1.00 1-1.06		4.67
Y2-160L-6	11		24.2		0.796	88.81					29	2-1.25		6.20
Y2-180L-6	15	380△	31.6	970	0.827	89.75	54/44	0.45	双层叠绕	2	38	1-0.95 1-1.10	1—9	7.39
Y2-200L1-6	18.5		38.6		0.824	90.32		0.50			34	2-1.06		9.20
Y2-200L2-6	22		44.7		0.835	90.74					30	1-1.12 1-1.18		10.09
Y2-225M-6	30		59.3	980	0.843	92.56		0.55		4	44	2-1.30		11.57

续表

型号	功率/kW	电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	功率因数 cosφ	效率/%	定子/转子槽数 Z_1/Z_2	气隙长度/mm	定子绕组					空载电流/A
									绕组形式	并联支路数	每槽线数	线规(F级) 根数-直径/mm	节距	
6极														
Y2-250M-6	37	380△	71.1	980	0.866	92.25	72/58	0.60	双层叠绕	2	28	1-1.30 1-1.40	1—12	14.34
Y2-280S-6	45		85.9		0.863	92.71		0.70		3	26	3-1.18		17.29
Y2-280M-6	55		104.7		0.868	93.16					22	3-1.30		20.13
Y2-315S-6	75	380△	141.7	980	0.863	94.14	72/58	0.9	双层叠绕	6	40	1-1.18 3-1.25	1—11	25.48
Y2-315M-6	90		169.5	985	0.867	94.47					34	2-1.30 2-1.40		29.75
Y2-315L1-6	110		206.7		0.872	94.78					28	4-1.50		34.72
Y2-315L2-6	132		244.7		0.872	94.96					24	3-1.40 2-1.50		41.67
Y2-355M1-6	160	380△	292.3	990	0.891	94.76	72/84	1.00	双层叠绕	6	24	6-1.50	1—11	44.93
Y2-355M2-6	200		364.6		0.892	95.04					20	6-1.40 2-1.50		55.25
Y2-355L-6	250		454.8		0.896	95.31					16	9-1.50		66.68
8极														
Y2-801-8	0.81	380Y	0.9	690	0.609	52.04	36/28	0.25	单层链式	1	172	1-0.40	1—5	0.57
Y2-802-8	0.25		1.2			54.61					138	1-0.45		0.75
Y2-90S-8	0.37		1.5		0.606	63.05					110	1-0.56		0.98
Y2-90L-8	0.55		2.2		0.618	64.15					84	1-0.63		1.37
Y2-100L1-8	0.75	380Y	2.4	700	0.684	70.88	48/44	0.25	单层链式	1	79	1-0.71	1—6	1.44
Y2-100L2-8	1.10		3.3		0.717	72.31					62	1-0.80		1.81
Y2-112M-8	1.50		4.4		0.684	75.32		0.30			51	1-0.95		2.70
Y2-132S-8	2.2		6.0	710	0.716	78.00		0.35			42	1-1.00		3.47
Y2-132M-8	3.0		7.9		0.748	79.70					33	2-0.80		4.02
Y2-160M1-8	4.0	380△	10.3	720	0.735	82.80	48/44	0.40	单层链式	1	56	1-1.06	1-6	3.13
Y2-160M2-8	5.5		13.6		0.741	84.66					41	1-0.85 1-0.90		4.13
Y2-160L-8	7.5		17.8		0.748	85.69					30	2-1.00		5.39
Y2-180L-8	11	380△	25.1	720	0.763	87.82	48/44	0.45	双层叠绕	2	56	1-1.30	1—6	7.11
Y2-200L-8	15		34.1	730	0.760	89.87		0.50			46	1-1.06 1-1.12		9.54
Y2-225S-8	18.5		41.1		0.771	90.85		0.55			44	2-1.25		11.13
Y2-225M-8	22		47.5		0.783	91.16					38	4-0.95		12.32

续表

型　号	功率 /kW	电压 /V	额定电流 /A	额定转速 /(r/min)	功率因数 cosφ	效率 /%	定子/转子槽数 Z_1/Z_2	气隙长度 /mm	定子绕组 绕组形式	并联支路数	每槽线数	线规(F 级) 根数-直径 /mm	节距	空载电流 /A
8 极														
Y2-250M-8	30		63.4	730	0.791	91.50		0.60		2	22	3-1.25		16.86
Y2-280S-8	37	380△	77.8		0.801	92.13	72/58	0.70	双层叠绕	4	42	1-1.12 1-1.18	1—9	18.81
Y2-280M-8	45		94.1	740	0.799	92.49					34	2-1.25		23.39
Y2-315S-8	55		111.2		0.812	93.25					64	2-1.25		25.12
Y2-315M-8	75	380△	151.3	740	0.821	93.76	72/58	0.80	双层叠绕	8	48	1-1.40 1-1.50	1—9	31.99
Y2-315L1-8	90		177.8		0.819	94.00					40	3-1.30		39.27
Y2-315L2-8	110	380△	216.8	740	0.822	94.17	72/58	0.80	双层叠绕	8	34	2-1.18 2-1.25	1—9	46.47
Y2-355M1-8	132		261		0.828	94.31					36	3-1.30 2-1.40		52.79
Y2-355M2-8	160	380△	314.7	745	0.836	94.52	72/86	1.00	双层叠绕	8	32	3-1.40 2-1.50	1—9	57.67
Y2-355L-8	200		387.4		0.837	94.78					26	2-1.40 4-1.50		71.27
10 极														
Y2-315S-10	45		99.6		0.772	92.99					42	3-1.25		23.31
Y2-315M-10	55		121.1		0.768	93.29					34	5-1.06		29.75
Y2-315L1-10	75	380△	162.1	590	0.778	93.70	90/72	0.80	双层叠绕	5	26	1-1.30 3-1.40	1—9	37.53
Y2-315L2-10	90		191		0.778	93.89					22	4-1.50		45.04
Y2-355M1-10	110		229.9		0.795	93.54					46	2-1.18 2-1.25		50.51
Y2-355M2-10	132	380△	275	595	0.791	93.86	90/72	1.00	双层叠绕	10	38	2-1.30 2-1.40	1 9	63.01
Y2-355L-10	160		333.3		0.801	94.06					32	1-1.40 3-1.50		69.98

注：在满足产品性能指标的前提下，制造厂有可能根据自己的条件，对某些技术数据作了调整，故上述数据仅供电机维修时参考之用。

18.1.4　Y系列（IP44）三相异步电机电磁线代用速查表（表18-4）

表18-4　Y系列（IP44）三相异步电机电磁线代用速查表（380V、50Hz）

电机型号	功率/kW	原绕组主要数据					几种可选用导线规格																				
							第1种					第2种					第3种					第4种					第5种				
		并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法
Y801-2	0.75	1	0.62	0.302	111	1Y	1	0.47	0.173	192	1△	1 1	0.42 0.45	0.2987	111	1Y	1 1	0.40 0.47	0.2992	111	1Y	2	0.44	0.304	111	1Y					
Y802-2	1.1	1	0.71	0.396	90	1Y	2	0.38	0.2268	155	1△	1 1	0.49 0.51	0.393	90	1Y	1 1	0.35 0.41	0.2282	155	1△	2	0.50	0.3927	90	1Y					
Y90S-2	1.5	1	0.83	0.541	77	1Y	1 1	0.44 0.45	0.3123	133	1△	2	0.59	0.547	77	1Y	1 1	0.42 0.47	0.3120	133	1△	1 1	0.57 0.61	0.538	133	1Y					
Y90L-2	2.2	1	0.95	0.71	58	1Y	1	0.72	0.407	100	1△	1 1	0.63 0.71	0.7076	58	1Y	2	0.67	0.706	58	1Y	2	0.51	0.408	100	1△					
Y100L-2	3	1	1.18	1.093	40	1Y	1	0.90	0.636	69	1△	1 1	0.63 0.64	0.6336	69	1△	1 1	0.82 0.85	1.098	40	1Y	2	0.83	1.082	40	1Y					
Y112M-2	4	1	1.06	0.883	48	1△	1 1	0.93 1.04	1.528	28	1Y	1 1	0.72 0.77	0.873	48	1△	1	1.40	1.539	28	1Y	2	0.75	0.884	48	1△					
Y132S1-2	5.5	1 1	0.95 0.90	1.346	44	1△	2	0.93	1.359	44	1△	1 1	0.90 0.96	1.360	44	1△	1 1	1.20 1.25	2.358	25	1Y	3	1.00	2.356	25	1Y	1 1	1.18 1.25	2.320	25	1Y
Y132S2-2	7.5	1 1	1.0 1.06	1.668	37	1△	1 1	0.93 1.12	1.664	37	1△	2 1	0.85 0.80	1.643	37	1△	4	0.95	2.835	21	1Y	2	1.35	2.862	21	1Y	1 1	1.30 1.40	2.866	21	1Y
Y160M1 2	11	2 1	1.18 1.25	3.413	28	1△	3	1.20	3.393	28	1△	1 1	1.45 1.50	3.418	28	1△	2 2	1.35 1.40	5.940	16	1Y	1 3	1.30 1.40	5.944	16	1Y	3 1	1.35 1.45	5.944	16	1Y
Y160M2-2	15	2 2	1.12 1.18	4.156	23	1△	1 2	1.16 1.40	4.135	23	1△	1 2	1.30 1.35	4.189	23	1△	4 4	1.06 1.08	7.196	13	1Y	2 3	1.20 1.45	7.215	13	1Y	5	1.35	7.157	13	1Y
Y160L-2	18.5	3 2	1.12 1.18	5.141	19	1△	2 2	1.25 1.30	5.108	19	1△	2 3	1.12 1.16	5.141	19	1△	1 3	1.20 1.30	5.112	19	1△	1 1	1.20 1.35	2.562	38	2△	5	1.50	8.835	11	1Y

续表

电机型号	功率/kW	原绕组主要数据					几种可选用导线规格																									
							第 1 种					第 2 种					第 3 种					第 4 种					第 5 种				
		并绕根数	线径/mm	截面积/mm^2	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm^2	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm^2	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm^2	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm^2	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm^2	每槽导体数	并联支路数与接法
Y180M 2	22	2 2	1.30 1.40	5.732	16	1△	2	1.35	2.863	32	2△	4	1.25	4.909	18	2Y	2 1	1.08 1.12	2.817	32	2△	5	1.20	5.655	16	1△	1 2	1.35 1.50	4.965	18	2Y
Y200L1-2	30	2 2	1.12 1.18	4.156	28	2△	1 3	1.08 1.16	4.087	28	2△	2 1	1.30 1.40	4.193	28	2△	3 3	1.25 1.20	7.074	16	2Y	5	1.35	7.157	16	2Y	2 2	1.12 1.16	4.084	28	2△
Y200L2-2	37	1 2	1.40 1.50	5.073	24	2△	2 1	1.45 1.50	5.069	24	2△	1 3	1.18 1.30	5.074	24	2△	4 4	1.25 1.30	10.216	12	1△	8	1.18	8.744	14	2Y	6 1	1.25 1.35	8.793	14	2Y
Y225M-2	45	3 1	1.40 1.50	6.384	22	2△	1 5	1.08 1.18	6.381	22	2△	2 3	1.16 1.35	6.407	22	2△	3 1	1.45 1.35	6.385	22	2△	6	1.16	6.341	22	2△	1 4	1.16 1.30	6.365	22	2△
Y250M-2	55	6	1.40	9.234	20	2△	6 1	1.30 1.25	9.191	20	2△	4 4	1.12 1.30	9.248	20	2△	2 4	1.18 1.50	9.254	20	2△	3 3	1.35 1.45	9.246	20	2△	3 3	1.30 1.50	9.282	20	2△
Y280S-2	75	7	1.50	12.369	14	2△	2 6	1.25 1.45	12.360	14	2△	8	1.40	12.32	14	2△	6 2	1.35 1.65	12.408	14	2△	7 2	1.30 1.40	12.367	14	2△	9 1	1.25 1.30	12.370	14	2△
Y280M-2	90	8	1.50	14.136	12	2△	4 6	1.16 1.45	14.134	12	2△	4 5	1.35 1.45	13.982	12	2△	7 3	1.30 1.45	14.242	12	2△	7	1.60	14.074	12	2△	2 6	1.60 1.45	13.929	12	2△
Y801-4	0.55	1	0.56	0.245	128	1Y	1 1	0.38 0.41	0.2454	128	1Y	1 1	0.29 0.31	0.1416	221	1△	1 1	0.33 0.45	0.2457	128	1Y	1 1	0.27 0.33	0.1428	221	1△					
Y802-4	0.75	1	0.63	0.312	103	1Y	1 1	0.44 0.45	0.3123	103	1Y	1 1	0.42 0.47	0.312	103	1Y	1 1	0.33 0.35	0.1817	178	1△	1 1	0.29 0.38	0.1795	178	1△					
Y90S-4	1.1	1	0.71	0.396	81	1Y	1 1	0.47 0.53	0.3945	81	1Y	1 1	1.35 1.41	0.2282	140	1△	1 1	0.44 0.56	0.3981	81	1Y	1 1	0.31 0.44	0.2276	140	1△					
Y90L-4	1.5	1	0.80	0.503	63	1Y	2	0.57	0.510	63	1Y	1	0.61	0.292	109	1△	1 1	0.42 0.44	0.2906	109	1△	1 1	0.51 0.62	0.506	63	1Y					
Y100L1-4	2.2	2	0.71	0.792	41	1Y	1 1	0.69 0.72	0.781	41	1Y	1 1	0.53 0.55	0.459	71	1△	1 1	0.51 0.57	0.4590	71	1△	1	1.00	0.785	41	1Y					
Y100L2-4	3	1	1.18	1.093	31	1Y	2	0.83	1.082	31	1Y	1	0.90	0.636	54	1△	1 1	0.63 0.64	0.6336	54	1△	1 1	0.80 0.86	1.084	31	1Y					

续表

电机型号	功率/kW	原绕组主要数据					几种可选用导线规格																								
							第1种					第2种					第3种					第4种					第5种				
		并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法
Y112M-4	4	1	1.06	0.883	46	1△	1 1	0.96 1.00	1.509	27	1Y	3	0.80	1.508	27	1Y	2	0.75	0.884	46	1△	1 1	0.72 0.77	0.873	46	1△					
Y132S-4	5.5	1 1	0.90 0.95	1.346	47	1△	1	1.30	1.327	47	1△	2	0.93	1.359	47	1△	1 1	1.00 1.40	2.324	27	1Y	2 1	1.00 0.96	2.295	27	1Y	4	0.86	2.324	27	1Y
Y132M-4	7.5	2	1.06	1.766	35	1△	1 2	1.00 1.20	3.047	20	1Y	2 1	1.16 1.08	3.030	20	1Y	2 2	1.00 0.96	3.018	20	1Y	3	0.86	1.743	35	1△	1 1	1.00 1.12	1.770	35	1△
Y160M-4	11	1	1.30	1.327	56	2△	3	1.06	2.647	28	1△	4	1.20	4.524	16	1Y	1 2	1.16 1.50	4.591	16	1Y	1 2	0.93 1.12	2.649	28	1△	2 2	0.90 0.93	2.631	28	1△
Y160L-4	15	2 1	1.25 1.18	3.547	22	1△	4	1.06	3.530	22	1△	2 2	1.04 1.08	3.531	22	1△	2	1.50	3.534	22	1△	5	1.25	6.135	13	1Y	2 3	1.18 1.30	6.167	13	1Y
Y180M-4	18.5	2	1.18	2.186	32	2△	2 1	1.35 1.40	4.401	16	1△	1 2	1.30 1.25	3.782	18	2Y	1 1	1.16 1.20	2.188	32	2△	3	0.96	2.171	32	2△	2 1	0.95 1.00	2.205	32	2△
Y180L-4	22	2	1.30	2.654	28	2△	1 1	1.16 1.25	2.284	32	4Y	1 1	1.25 1.35	2.659	28	2△	3	1.40	4.618	16	2Y	3	1.06	2.647	28	2△	2 1	1.04 1.08	2.615	28	2△
Y200L-4	30	1 1	1.06 1.12	1.868	48	4△	3	1.25	3.682	24	2△	1 1	1.00 1.18	1.878	48	4△	2 1	1.16 1.18	3.207	28	4Y	1 2	1.18 1.30	3.747	24	2△	2 1	1.30 1.20	3.786	24	2△
Y225S-4	37	2	1.25	2.454	46	4△	1 1	1.30 1.20	2.458	46	4△	3	1.35	4.294	26	4Y	4	1.16	4.227	26	4Y	2 1	1.00 1.04	2.420	46	4△	2 2	1.12 1.20	4.232	26	4Y
Y225M-4	45	1 1	1.30 1.40	2.866	40	4△	2	1.35	2.863	40	4△	4	1.35	5.724	20	2△	5	1.20	5.655	20	2△	1 2	1.06 1.12	2.853	40	4△	2 1	1.08 1.16	2.889	40	4△
Y250M-4	55	3	1.30	3.981	36	4△	2 1	1.25 1.40	3.993	36	4△	3 2	1.40 1.45	7.919	18	2△	7	1.20	7.917	18	2△	2	1.60	4.021	36	4△	2 1	1.18 1.50	3.953	36	4△
Y280S-4	75	2 2	1.25 1.30	5.108	26	4△	2 2	1.20 1.35	5.124	26	4△	2 2	1.12 1.45	5.048	26	4△	2 1	1.50 1.40	5.074	26	4△	2 1	1.45 1.50	5.070	26	4△	4 1	1.12 1.20	5.072	26	4△
Y280M-4	90	5	1.30	6.635	20	4△	3 2	1.25 1.35	6.544	20	4△	1 5	1.12 1.20	6.640	20	4△	5 1	1.18 1.20	6.596	20	4△	2 2	1.40 1.50	6.6131	20	4△	4	1.45	6.605	20	4△

续表

电机型号	功率/kW	原绕组主要数据					几种可选用导线规格																								
							第 1 种					第 2 种					第 3 种					第 4 种					第 5 种				
		并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法
Y90S-6	0.75	1	0.67	0.353	77	1Y	1	0.51	0.204	132	1△	1 1	0.31 0.40	0.201	132	1△	2	0.47	0.347	77	1Y	1 1	0.45 0.49	0.3488	77	1Y					
Y90L-6	1.1	1	0.75	0.442	60	1Y	1	0.57	0.255	103	1△	2	0.53	0.441	60	1Y	1 1	0.51 0.55	0.442	60	1Y	1 1	0.40 0.41	0.2577	103	1△					
Y100L-6	1.5	1	0.85	0.570	53	1Y	1 1	0.44 0.47	0.3256	91	1△	1 1	0.59 0.61	0.565	53	1Y	2	0.60	0.565	53	1Y	1 1	0.59 0.62	0.575	53	1Y					
Y112M-6	2.2	1	1.06	0.883	44	1Y	1	0.80	0.503	76	1△	2	0.75	0.884	44	1Y	1 1	0.72 0.77	0.873	44	1Y	2	0.57	0.510	76	1△					
Y132S-6	3	1 1	0.85 0.90	1.206	38	1Y	1 1	0.64 0.69	0.696	65	1△	1	0.95	0.709	65	1△	1 1	0.80 0.95	1.213	38	1Y	1 1	0.61 0.72	0.699	65	1△	1	1.25	1.227	38	1Y
Y132M1-6	4	1	1.06	0.883	52	1△	1 1	1.00 0.96	1.509	30	1Y	2	0.75	0.884	52	1△	1	1.40	1.539	30	1Y	3	0.80	1.508	30	1Y	1 1	0.93 1.04	1.528	30	1Y
Y132M2-6	5.5	1	1.25	1.227	42	1△	1 1	0.86 0.90	1.217	42	1△	1	1.16	1.057	48	2Y	2	1.16	2.114	24	1Y	2 1	0.95 0.93	2.097	24	1Y	1 3	0.77 0.83	2.089	24	1Y
Y160M-6	7.5	2	1.12	1.970	38	1△	1	1.45	1.651	44	2Y	1 1	1.08 1.16	1.973	38	1△	2 1	1.18 1.25	3.413	22	1Y	2 1	0.90 0.93	1.952	38	1△	3	1.20	3.393	22	1Y
Y160L-6	11	4	0.95	2.835	28	1△	1	1.35	1.431	56	2△	1 1	1.30 1.40	2.867	28	1△	1 1	0.93 0.96	1.403	56	2△	1 2	1.12 1.08	2.817	28	1△	1	1.48	1.651	48	3Y
Y180L-6	15	1	1.50	1.767	34	2△	2	1.06	1.765	34	2△	2	1.40	3.078	20	2Y	1 1	1.04 1.08	1.766	34	2△	1 1	1.12 1.16	2.042	30	3Y	1 1	1.08 1.20	2.047	30	3Y
Y200L1-6	18.5	1 1	1.12 1.18	2.078	32	2△	2 1	1.30 1.35	4.086	16	1△	1 1	1.20 1.25	2.358	28	3Y	1	1.62	2.061	32	2△	1 1	1.04 1.25	2.076	32	2△	2 1	1.08 1.50	3.599	18	2Y
Y200L2-6	22	2	1.25	2.454	28	2△	1	1.45	1.651	42	3△	1	1.35	1.431	48	6Y	1 1	1.20 1.30	2.458	28	2△	1 1	1.04 1.00	1.635	42	3△	2 1	1.08 1.12	2.817	24	3Y
Y225M-6	30	2 1	1.30 1.40	4.193	28	2△	2 1	1.35 1.30	4.189	28	2△	2	1.62	4.122	28	2△	1 3	1.08 1.18	4.195	28	2△	3	1.08	2.748	42	3△	1 1	1.18 1.30	2.420	48	6Y

续表

电机型号	功率/kW	原绕组主要数据					几种可选用导线规格																								
							第1种					第2种					第3种					第4种					第5种				
		并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法	并绕根数	线径/mm	截面积/mm²	每槽导体数	并联支路数与接法
Y250M-6	37	1 2	1.12 1.18	3.171	28	3△	1 2	1.08 1.20	4.178	28	3△	1 1	1.18 1.45	2.744	32	6Y	2	1.00	1.570	56	6△	3	1.16	3.170	28	3△	5	1.18	5.465	16	3Y
Y280S-6	45	2 1	1.30 1.40	4.193	26	3△	2 1	1.35 1.30	4.189	26	3△	2	1.62	4.122	26	3△	1 2	1.06 1.45	4.158	26	3△	1 1	1.12 1.18	2.079	52	6△	1 2	1.12 1.30	3.639	30	6Y
Y280M-6	55	1 2	1.40 1.50	5.073	22	3△	1 1	1.12 1.40	2.524	44	6△	1 1	1.06 1.45	2.534	44	6△	1 3	1.18 1.30	5.074	22	3△	4	1.18	4.372	26	6Y	2 1	1.45 1.50	5.069	22	3△
Y132S-8	2.2	1	1.12	0.985	39	1Y	1	0.85	0.567	67	1△	2	0.6	0.566	67	1△	1 1	0.72 0.85	0.977	39	1Y	2	0.56	0.492	78	2Y	1	0.60	0.283	134	2△
Y132M 8	3	1	1.30	1.327	31	1Y	1 1	0.69 0.71	0.770	53	1△	1 1	0.67 0.72	0.760	53	1△	1 1	0.90 0.93	1.315	31	1Y	3	0.75	1.325	31	1Y	2 1	0.74 0.77	1.326	31	1Y
Y160M1 8	4	1	1.25	1.227	49	1△	2	1.16	2.114	28	1Y	1 3	0.77 0.83	2.089	28	1Y	1 1	0.86 0.90	1.217	49	1△	2 1	0.95 0.93	2.097	28	1Y	1 1	0.62 0.63	0.614	98	2△
Y160M2-8	5.5	2	1.0	1.57	39	1△	1 1	0.96 1.04	1.573	39	1△	1 1	0.86 1.12	1.566	39	1△	2	0.93	1.358	45	2Y	1 1	0.93 1.06	1.562	39	1△	1 1	1.16 1.45	2.708	23	1Y
Y160L-8	7.5	1 1	1.12 1.18	2.078	30	1△	2 1	0.93 0.95	2.067	30	1△	1 1	1.06 1.08	1.799	34	2Y	2 1	1.25 1.20	3.585	17	1Y	2 1	0.86 0.90	1.798	34	2Y	1 1	1.04 1.25	2.076	30	1△
Y180L-8	11	2	0.90	1.272	46	2△	1	1.25	1.227	46	2△	1 1	0.93 0.86	1.260	46	2△	2	1.18	2.187	26	2Y	1 1	1.16 1.20	2.188	26	2Y	1 1	1.12 1.25	2.212	26	2Y
Y200L-8	15	1 1	1.12 1.06	1.868	40	2△	2	1.08	1.832	40	2△	1 1	1.56 1.50	3.678	20	1△	1 1	1.00 1.18	1.878	40	2△	3	1.25	3.682	20	1△	2 2	1.40 1.45	6.381	12	1Y
Y225S-8	18.5	2	1.40	3.078	38	2△	4	1.30	5.308	22	2Y	1 1	1.35 1.45	3.082	38	2△	1 1	1.30 1.50	3.094	38	2△	2 2	1.25 1.35	5.316	22	2Y	1 1	0.93 1.04	1.528	76	4△
Y225M-8	22	2	1.50	3.534	32	2△	1 1	1.45 1.56	3.562	32	2△	2 1	1.20 1.25	3.489	32	2△	1 2	1.18 1.25	3.547	32	2△	4	1.40	6.158	18	2Y	4	1.06	3.530	32	2△
Y250M-8	30	3	1.30	3.981	22	2△	2	1.12	1.970	44	4△	1	1.60	2.011	44	4△	2 1	1.18 1.50	3.953	22	2△	1 1	1.45 1.50	3.418	26	4Y	1 1	1.08 1.16	1.973	44	4△
Y280S-8	37	2	1.30	2.654	40	4△	1 1	1.25 1.35	2.659	40	4△	4	1.30	5.308	20	2△	3	1.50	5.301	20	2△	1 2	0.93 1.12	2.649	40	4△	3	1.06	2.647	40	4△
Y280M-8	45	1 1	1.40 1.50	3.306	34	4△	2	1.45	3.303	34	4△	2	1.35	2.863	40	8Y	3	1.18	3.281	34	4△	5	1.20	5.655	20	4Y	3	1.56	5.734	20	4Y

18.2　绕线转子三相异步电机技术数据 

18.2.1　YR 系列绕线转子三相异步电机集电环、电刷尺寸（表 18-5）

表 18-5　YR 系列绕线转子三相异步电机集电环、电刷尺寸

机座号	集电环尺寸/mm				电刷尺寸/mm	电刷数		电刷最大电流密度/(A/cm³)
	外径	内径	环宽	环间距		IP44	IP23	
YR132	80	35	12	15	16×8×32	2	—	0.133
YR160		40					2	
YR180								
YR200	112	55	15		20×10×40			0.152
YR225								
YR250	140	65	18	18	32×12.5×40	2		0.163
		80				-		
YR280		65				2		
		80					4	

18.2.2　YR 系列（IP44）绕线转子三相异步电机技术数据（表 18-6）

表 18-6　YR 系列（IP44）绕线转子三相异步电机技术数据（380V、50Hz）

型号	功率/kW	外径/mm	内径/mm	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定子槽数	定子每槽线数	定子绕组形式	定子线规根数	定子线规直径/mm	定子跨距	定子并联路数	定子平均半匝长/mm	转子槽数	转子每槽线数	转子线规根数	转子线规直径或长×宽/mm	转子跨距	转子并联路数	转子平均半匝长/mm	相电阻/Ω
4 极																					
YR132M1-4	4	210	136	115	0.4	36	102		1	0.8	1—9	2	280	24	28	3	1.06	1—6	1	237	0.435
YR132M2-4	5.5	210	136	155	0.4	36	74		1	0.95	1—9	2	320	24	24	2 1	1.12 1.18	1—6	1	297	0.376
YR160M-4	7.5	260	170	130	0.5	36	74		1	1.12	1—9	2	321	24	44	2 1	1.00 1.06	1—6	2	262	0.204
YR160L-4	11	260	170	185	0.5	36	52		2	0.95	1—9	2	376	24	34	3	1.18	1—6	2	317	0.143
YR180L-4	15	290	187	205	0.55	48	32		2	1.06	1—11	2	403	36	18	3	1.30	1—9	2	369	0.109
YR200L1-4	18.5	327	210	175	0.55	48	64		1	1.18	1—11	4	395	36	16	4	1.40	1—9	2	355	0.0601
YR200L1-4	18.5	327	210	175	0.55	48	64	双层叠绕	1	1.18	1—11	4	395	36	8	1	2×5.6	1—9	1	412	0.078
YR200L2-4	22	327	210	205	0.55	48	54		1	1.30	1—11	4	425	36	16	4	1.40	1—9	2	385	0.0652
YR200L2-4	22	327	210	205	0.55	48	54		1	1.30	1—11	4	425	36	8	1	2.24×5.6	1—9	1	442	0.0837
YR225M-4	30	368	245	215	0.7	48	22		3	1.25	1—11	2	458	36	16	6	1.25	1—9	2	416	0.0588
YR225M-4	30	368	245	215	0.7	48	22		3	1.25	1—11	2	458	36	8	1	2.5×5.6	1—9	1	477	0.0735
YR250M1-4	37	400	260	220	0.8	48	40		2	1.25	1—12	4	506	36	12	8	1.40	1—9	2	437	0.0277
YR250M1-4	37	400	260	220	0.8	48	40		2	1.25	1—12	4	506	36	6	2	2×5.6	1—9	1	501	0.0356
YR250M2-4	45	400	260	260	0.8	48	34		3	1.12	1—12	4	546	36	12	8	1.40	1—9	2	477	0.0303

续表

型号	功率/kW	外径/mm	内径/mm	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定子 槽数	每槽线数	绕组形式	线规 根数	线规 直径/mm	跨距	并联路数	平均半匝长/mm	转子 槽数	每槽线数	线规 根数	线规 直径或长×宽/mm	跨距	并联路数	平均半匝长/mm	相电阻/Ω
4 极																					
YR250M2-4	45	400	260	260	0.8	48	34		3	1.12	1—12	4	546	36	6	2	2×5.6	1—9	1	541	0.0384
YR280S-4	55	445	300	240	0.9	60	26		2	1.50	1—14	4	544	48	12	7	1.40	1—12	2	499	0.0482
YR280S-4	55	445	300	240	0.9	60	26	双层叠绕	2	1.50	1—14	4	544	48	6	2	2×5	1—12	1	562	0.0598
YR280M-4	75	445	300	340	0.9	60	18		1 2	1.40 1.50	1—14	4	644	48	12	7	1.40	1—12	4	599	0.0145
YR280M-4	75	445	300	340	0.9	60	18		1 2	1.40 1.50	1—14	4	644	48	6	2	2×5	1—12	2	662	0.0176
6 极																					
YR132M1-6	3	210	148	125	0.35	48	40		1	1.00	1—8	1	248	36	20	3	1.00	1—6	1	223	0.493
YR132M2-6	4	210	148	165	0.35	48	70		1	0.80	1—8	2	288	36	34	2	0.95	1—6	2	263	0.411
YR160M-6	5.5	260	180	140	0.4	48	66		1	1.00	1—8	2	278	36	34	2	1.06	1—6	2	245	0.307
YR160L-6	7.5	260	180	185	0.4	48	50		1	1.18	1—8	2	323	36	28	2	1.18	1—6	2	290	0.242
YR180L-6	11	290	205	205	0.45	54	38		1	1.25	1—9	2	366	36	28	4	1.00	1—6	2	329	0.191
YR200L-6	15	327	230	190	0.45	54	34		1 1	1.06 1.12	1—9	2	365	36	16	2 4	1.18 1.25	1—6	2	325	0.0476
YR200L-6	15	327	230	190	0.45	54	34		1 1	1.06 1.12	1—9	2	365	36	8	1	2.24×5.6	1—6	1	388	0.0671
YR225M1-6	18.5	368	260	160	0.5	54	36		1 1	1.18 1.25	1—9	2	351	36	16	8	1.25	1—6	2	325	0.0323
YR225M1-6	18.5	368	260	160	0.5	54	36		1 1	1.18 1.25	1—9	2	351	36	8	1	2.8×6.3	1—6	1	371	0.0451
YR225M2-6	22	368	260	190	0.5	54	30	双层叠绕	1 1	1.30 1.40	1—9	2	381	36	16	8	1.25	1—6	2	335	0.0355
YR225M2-6	22	368	260	190	0.5	54	30		1 1	1.30 1.40	1—9	2	381	36	8	1	2.8×3.6	1—6	1	401	0.0487
YR250M1-6	30	400	285	230	0.55	72	18		3 1	1.12 1.18	1—12	2	453	48	12	7	1.40	1—8	2	407	0.0394
YR250M1-6	30	400	285	230	0.55	72	18		3 1	1.12 1.18	1—12	2	453	48	6	2	2.24×5	1—8	1	476	0.046
YR250M2-6	37	400	285	260	0.55	72	16		3	1.40	1—12	2	483	48	12	5 3	1.30 1.40	1—8	2	437	0.041
YR250M2-6	37	400	285	260	0.55	72	16		3	1.40	1—12	2	483	48	6	2	2.24×5	1—8	1	506	0.049
YR280S-6	45	445	325	250	0.65	72	14		3 1	1.40 1.50	1—12	2	493	48	12	3 6	1.30 1.40	1—8	2	448	0.0353
YR280S-6	45	445	325	250	0.65	72	14		3 1	1.40 1.50	1—12	2	493	48	6	2	2.5×5.6	1—8	1	514	0.040
YR280M-6	55	445	325	290	0.65	72	12		3 1	1.60 1.60	1—12	2	533	48	12	9	1.40	1—8	2	499	0.038
YR280M-6	55	445	325	290	0.65	72	12		3 1	1.50 1.60	1—12	2	533	48	6	2	2.5×5.6	1—8	1	554	0.043

续表

型号	功率/kW	外径/mm	内径/mm	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定子 槽数	定子 每槽线数	定子 绕组形式	定子 线规 根数	定子 线规 直径/mm	定子 跨距	定子 并联路数	定子 平均半匝长/mm	转子 槽数	转子 每槽线数	转子 线规 根数	转子 线规 直径或长×宽/mm	转子 跨距	转子 并联路数	转子 平均半匝长/mm	相电阻/Ω
8极																					
YR160M-8	4	260	180	140	0.4	48	92	双层叠绕	1	0.9	1—6	2	247	36	42	2	0.95	1—5	2	230	0.443
YR160L-8	5.5	260	180	185	0.4	48	70		1	1.0	1—6	2	292	36	34	2	1.06	1—5	2	275	0.345
YR180L-8	7.5	290	205	180	0.45	54	28		1 1	1.06 1.12	1—7	1	310	36	34	1 1	1.25 1.30	1—5	2	287	0.249
YR200L-8	11	327	230	190	0.5	54	44		2	0.95	1—7	2	332	36	16	2 4	1.18 1.25	1—5	2	313	0.046
YR200L-8	11	327	230	190	0.5	54	44		2	0.95	1—7	2	332	36	8	1	2.2×5.6	1—5	1	373	0.064
YR225M1-8	15	368	260	190	0.5	54	40		2	1.12	1—7	2	344	36	16	8	1.25	1—5	2	314	0.0333
YR225M1-8	15	368	260	190	0.5	54	40		2	1.12	1—7	2	344	36	8	1	2.8×6.3	1—5	1	381	0.0463
YR225M2-8	18.5	368	260	235	0.5	54	32		2	1.30	1—7	2	389	36	16	8	1.25	1—5	2	359	0.0381
YR225M2-8	18.5	368	260	235	0.5	54	32		2	1.30	1—7	2	389	36	8	1	2.8×6.3	1—5	1	426	0.0518
YR250M1-8	22	400	285	230	0.55	72	48		1	1.40	1—9	4	406	48	12	7	1.40	1—6	2	370	0.0358
YR250M1-8	22	400	285	230	0.55	72	48		1	1.40	1—9	4	406	48	6	2	2.24×5	1—6	1	443	0.043
YR250M2-8	30	400	285	280	0.55	72	74		1	1.12	1—9	8	456	48	12	7	1.40	1—6	2	430	0.041
YR250M2-8	30	400	285	280	0.55	72	74		1	1.12	1—9	8	456	48	6	2	2.24×5	1—6	1	493	0.047
YR280S-8	37	445	325	250	0.65	72	36		3	1.00	1—9	4	440	48	12	9	1.40	1—6	2	414	0.031
YR280S-8	37	445	325	250	0.65	72	36		3	1.00	1—9	4	440	48	6	2	2.5×5.6	1—6	1	476	0.037
YR280M-8	45	445	325	340	0.65	72	28		2	1.40	1—9	4	530	48	12	3 6	1.30 1.40	1—6	2	494	0.039
YR280M-8	45	445	325	340	0.65	72	28		2	1.40	1—9	4	530	48	6	2	2.5×5.6	1—6	1	566	0.044

注：1. 转子绕组机座号 132～180 为圆铜线，机座号 200～280 为圆铜线与扁铜线两种方案同时并存。
2. 定子绕组均为三角形连接（△接），转子绕组均为星形连接（Y接）。

18.2.3　YR 系列（IP23）绕线转子三相异步电机技术数据（表 18-7）

表 18-7　YR 系列（IP23）绕线转子三相异步电机技术数据（380V、50Hz）

型号	功率/kW	外径/mm	内径/mm	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定子 槽数	定子 每槽线数	定子 绕组形式	定子 线规 根数	定子 线规 直径/mm	定子 跨距	定子 并联路数	定子 平均半匝长/mm	转子 槽数	转子 每槽线数	转子 线规 根数	转子 线规 直径或长×宽/mm	转子 跨距	转子 并联路数	转子 平均半匝长/mm	相电阻/Ω
4极																					
YR160M-4	7.5	290	187	85	0.55	48	34	双层叠绕	1	1.50	1—11	1	283	36	18	3	1.12	1—9	1	245	0.389
YR160L1-4	11	290	187	115	0.55	48	50		2	0.85	1—11	2	313	36	14	4	1.12	1—9	1	275	0.255
YR160L2-4	15	290	187	150	0.55	48	38		2	1.00	1—11	2	348	36	10	3 1	1.30 1.40	1—9	1	310	0.146
YR180M-4	18.5	327	210	135	0.55	48	40		2	1.12	1—11	2	354	36	8	1	1.8×5	1—9	1	373	0.088

续表

型号	功率/kW	外径/mm	内径/mm	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定子 槽数	每槽线数	绕组形式	线规 根数	线规 直径/mm	跨距	并联路数	平均半匝长/mm	转子 槽数	每槽线数	线规 根数	线规 直径或长×宽/mm	跨距	并联路数	平均半匝长/mm	相电阻/Ω
4极																					
YR180L-4	22	327	210	155	0.55	48	34	双层叠绕	1 1	1.18 1.25	1—11	2	374	36	8	1	1.8×5	1—9	1	393	0.093
YR200M-4	30	368	245	140	0.7	48	62		2	0.95	1—11	4	383	36	8	1	2×5.6	1—9	1	401	0.076
YR200L-4	37	368	245	175	0.7	48	50		2	1.00	1—11	4	418	36	8	1	2×5.6	1—9	1	436	0.083
YR225M1-4	45	400	260	155	0.8	48	24		1 3	1.12 1.18	1—12	2	440	36	6	2	1.8×4.5	1—9	1	439	0.043
YR225M2-4	55	400	260	185	0.8	48	40		1 1	1.25 1.30	1—12	4	470	36	6	2	1.8×4.5	1—9	1	469	0.046
YR250S-4	75	445	300	185	0.9	60	14		2 3	1.25 1.30	1—14	2	489	48	6	2	1.6×4.5	1—12	1	504	0.075
YR250M-4	90	445	300	215	0.9	60	12		4 2	1.25 1.30	1—14	2	519	48	6	2	1.6×4.5	1—12	1	534	0.0795
YR280S-4	110	493	330	200	1.0	60	24		4	1.25	1—14	4	533	48	4	2	2.24×6.3	1—12	1	557	0.028
YR280M-4	132	493	330	240	1.0	60	20		4	1.40	1—14	4	573	48	4	2	2.24×6.3	1—12	1	597	0.0304
6极																					
YR160M-6	5.5	290	205	95	0.45	54	36	双层叠绕	2	0.95	1—9	1	256	36	24	1 1	1.18 1.25	1—6	1	217	0.584
YR160L-6	7.5	290	205	115	0.45	54	58		1	1.06	1—9	2	276	36	18	3	1.12	1—6	1	237	0.376
YR180M-6	11	327	230	125	0.45	54	46		1	1.40	1—9	2	300	36	8	1	1.8×4	1—6	1	325	0.097
YR180L-6	15	327	230	155	0.45	54	36		2	1.06	1—9	2	330	36	8	1	1.8×4	1—6	1	355	0.106
YR200M-6	18.5	368	260	135	0.50	54	36		2	1.18	1—9	2	326	36	8	1	1.8×5	1—6	1	346	0.0821
YR200L-6	22	368	260	165	0.50	54	30		1 1	1.30 1.40	1—9	2	356	36	8	1	1.8×5	1—6	1	376	0.0892
YR225M1-6	30	400	285	145	0.55	72	38		2	1.12	1—12	3	368	54	6	2	1.6×4.5	1—9	1	390	0.065
YR225M2-6	37	400	285	175	0.55	72	30		1 1	1.18 1.25	1—12	3	398	54	6	2	1.6×4.5	1—9	1	420	0.0704
YR250S-6	45	445	325	165	0.65	72	28		2	1.40	1—12	3	408	54	6	2	1.8×4.5	1—9	1	428	0.064
YR250M-6	55	445	325	195	0.65	72	24		4	1.06	1—12	3	438	54	6	2	1.8×4.5	1—9	1	458	0.068
YR280S-6	75	493	360	185	0.7	72	22		3	1.40	1—12	3	448	54	6	2	2×5	1—9	1	474	0.057
YR280M-6	90	493	360	240	0.7	72	18		3	1.50	1—12	3	503	54	6	2	2×5	1—9	1	529	0.0633
8极																					
YR160M-8	4	290	205	95	0.45	54	48	双层叠绕	1	1.18	1—7	1	226	36	30	1 1	1.06 1.12	1—5	1	201	0.839
YR160L-8	5.5	290	205	115	0.45	54	38		2	0.95	1—7	1	246	36	22	2	1.25	1—5	1	221	0.515
YR180M-8	7.5	327	230	125	0.45	54	64		1	1.18	1—7	2	267	36	8	1	1.8×4	1—5	1	307	0.092
YR180L-8	11	327	230	155	0.45	54	48		1	1.30	1—7	2	297	36	8	1	1.8×4	1—5	1	337	0.1
YR200M-8	15	368	260	135	0.50	54	44		1	1.60	1—7	2	288	36	8	1	1.8×5	1—5	1	326	0.0773
YR200L-8	18.5	368	260	165	0.50	54	36		2	1.25	1—7	2	318	36	8	1	1.8×5	1—5	1	356	0.084

续表

型号	功率/kW	外径/mm	内径/mm	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定子 槽数	定子 每槽线数	定子 绕组形式	定子 线规 根数	定子 线规 直径/mm	定子 跨距	定子 并联路数	定子 平均半匝长/mm	转子 槽数	转子 每槽线数	转子 线规 根数	转子 线规 直径或长×宽/mm	转子 跨距	转子 并联路数	转子 平均半匝长/mm	相电阻/Ω
8 极																					
YR255M1 8	22	400	285	145	0.55	72	62	双层叠绕	1	1.25	1—9	4	321	48	6	2	1.6×4.5	1—6	1	352	0.0523
YR255M2-8	30	400	285	200	0.55	72	46		2	1.00	1—9	4	376	48	6	2	1.6×4.5	1 -6	1	406	0.0605
YR225M2-8	30	400	285	175	0.55	72	50		1	1.40	1—9	4	351	48	6	2	1.6×4.5	1—6	1	382	0.057
YR250S-8	37	445	325	165	0.65	72	46		1 1	1.06 1.12	1—9	4	355	48	6	2	1.8×4.5	1—6	1	385	0.051
YR250M 8	45	445	325	195	0.65	72	38		1 1	1.18 1.25	1—9	4	385	48	6	2	1.8×4.5	1—6	1	415	0.055
YR280S-8	55	493	360	185	0.70	72	36		1 1	1.30 1.40	1 9	4	390	48	6	2	2×5	1—6	1	426	0.045
YR280M 8	75	493	360	240	0.70	72	28		1 1	1.50 1.60	1—9	4	445	48	6	2	2×5	1—6	1	481	0.0511

注：定子绕组均为 :角形连接（△接），转 子绕组均为星形连接（Y接）。

18.2.4 YR 系列（IP44）绕线转子三相异步电机电磁线代用速查表（表 18-8）

表 18-8　YR 系列（IP44）绕线转子三相异步电机电磁线代用速查表（380V、50Hz）

型号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据 电流/A	原 并联支路与接法	原 每槽导体数	原 线规/(根 mm，根 a×b)	原 截面积/mm²	第1种 支路与接法	第1种 每槽导体数	第1种 线规/(根-mm，根-a×b)	第1种 截面积/mm²	第2种 支路与接法	第2种 每槽导体数	第2种 线规/(根-mm，根-a×b)	第2种 截面积/mm²	第3种 支路与接法	第3种 每槽导体数	第3种 线规/(根-mm，根-a×b)	第3种 截面积/mm²
YR132M1 4	4	1440	定子	9.3	2△	102	1-0.8	0.503	2△	102	1 0.56 1-0.57	0.501	1△	50	1-0.77 1-0.83	1.007	2Y	58	1-0.74 1 0.75	0.872
			转子	11.5	1Y	28	3 1.06	2.649	1Y	28	2-1.30	2.654	1Y	28	1-1.25 1-1.35	2.657	2Y	56	1-1.30	1.327
YR132M2 4	5.5	1440	定子	12.6	2△	74	1 0.9	0.636	2△	74	1-0.63 1-0.64	0.6336	1△	36	2-0.9	1.272	2Y	42	1 0.77 1-0.90	1.102
			转子	13	1Y	24	2 1.12 1 1.18	3.063	1Y	24	2-1.08 1 1.25	3.059	1Y	24	2 1.40	3.078	2Y	48	1-1.40	1.539
YR160M-4	7.5	1460	定子	15.7	2△	74	1 1.12	0.985	2△	74	1-0.75 1-0.83	0.983	1△	36	2-1.12	1.97	2Y	42	1-1.00 1-1.08	1.701
			转子	19.5	2Y	44	2-1.00 1 1.06	2.453	2Y	44	2-1.25	2.454	2Y	44	1-1.20 1 1.30	2.458	1Y	22	4-1.25	4.908
YR160L 4	11	1460	定子	22.5	2△	52	2 0.95	1.42	2△	52	1-0.90 1 1.00	1.421	1△	26	1-0.96 2-1.16	2.838	2Y	30	2-1.25	2.454
			转子	25	2Y	34	3 1.18	3.279	2Y	34	2-1.08 1-1.35	3.263	2Y	34	2-1.00 2-1.04	3.268	1Y	16	5-1.20	6.555

续表

型号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据					其他几种可选用导线规格											
									第1种				第2种				第3种			
				电流/A	并联支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²
YR180L-4	15	1465	定子	30	2△	32	2-1.06	1.766	2△	32	1-1.04 1-1.08	1.765	1△	16	2-1.16 1-1.35	3.545	2Y	18	2-1.08 1-1.25	3.059
			转子	34	2Y	18	3-1.30	3.981	2Y	18	1-1.20 2-1.35	3.993	2Y	18	2-1.25 1-1.40	3.993	4Y	36	1-1.04 1-1.20	1.980
YR200L1-4	18.5	1465	定子	36.7	4△	64	1-1.18	1.093	4△	64	1-0.69 1-0.96	1.098	2△	32	1-1.16 1-1.20	2.188	4Y	36	1-1.08 1-1.12	1.901
			转子	47.5	2Y	16	4-1.40	6.156	2Y	16	2-1.18 3-1.30	6.167	2Y	16	2-1.35 2-1.45	6.162	4Y	32	2-1.40	3.078
YR200L1-4	18.5	1465	定子	36.7	4△	64	1-1.18	1.093	4△	64	1-0.69 1-0.96	1.098	2△	32	2-1.18	2.186	4Y	36	1-1.08 1-1.12	1.901
			转子	47.5	1Y	8	1-2.0 ×5.6	11.2	1Y	8	1-1.8 ×6.3	11.34	1Y	8	1-2.24 ×5.0	11.2	2Y	16	1-1.0 ×5.6	5.6
YR200L2-4	22	1465	定子	43.2	4△	54	1-1.30	1.327	4△	54	1-0.83 1-1.00	1.326	2△	27	2-1.30	2.654	4Y	30	1-1.16 1-1.25	2.284
			转子	47	2Y	16	4-1.40	6.156	2Y	16	2-1.18 3-1.30	6.167	2Y	16	2-1.35 2-1.45	6.162	4Y	32	2-1.40	3.078
YR200L2-4	22	1465	定子	43.2	4△	54	1-1.30	1.327	4△	54	1-0.83 1-1.00	1.326	2△	27	2-1.30	2.654	4Y	30	1-1.16 1-1.25	2.284
			转子	47	1Y	8	1-2.0 ×5.6	11.2	1Y	8	1-1.8 ×6.3	11.34	1Y	8	1-2.24 ×5.0	11.2	2Y	16	1-1.0 ×5.6	5.60
YR225M-4	30	1475	定子	57.6	2△	22	3-1.25	3.681	2△	22	1-1.50 1-1.56	3.678	4△	44	2-1.08	1.832	2Y	12	2-1.35 2-1.50	6.396
			转子	51.5	2Y	16	6-1.25	7.362	2Y	16	2-1.50 2-1.56	7.356	2Y	16	2-1.45 2-1.60	7.324	4Y	32	1-1.50 1-1.56	3.678
YR225M-4	30	1475	定子	57.6	2△	22	3-1.25	3.681	2△	22	1-1.50 1-1.56	6.678	4△	44	2-1.08	1.832	2Y	12	3-1.35 2-1.50	6.396
			转子	51.5	1Y	8	1-2.5 ×5.6	14.0	1Y	8	1-2.24 ×6.3	14.112	1Y	8	1-2.0 ×7.1	14.2	2Y	16	3-1.9 ×5.0	28.5
YR250M1-4	37	1480	定子	71.4	4△	40	2-1.25	2.454	4△	40	1-1.20 1-1.30	2.458	2△	20	2-1.08 2-1.40	4.91	4Y	22	1-0.95 2-1.50	4.244
			转子	79	2Y	12	8-1.40	12.312	2Y	12	4-1.45 3-1.56	12.337	2Y	12	7-1.50	12.369	4Y	24	5-1.25	6.135
YR250M1-4	37	1480	定子	71.4	4△	40	2-1.25	2.454	4△	40	1-1.20 1-1.30	2.458	2△	20	2-1.08 2-1.40	4.91	4Y	22	1-0.95 2-1.50	4.244
			转子	79	1Y	6	2-2.0 ×5.6	22.4	1Y	6	2-1.8 ×6.3	22.68	1Y	6	2-2.24 ×5.0	22.4	2Y	12	2-1.0 ×5.6	11.20
YR250M2-4	45	1480	定子	85.9	4△	34	3-1.12	2.955	4△	34	2-1.08 1-1.20	2.963	2△	16	1-1.12 4-1.25	5.893	4Y	20	2-1.20 2-1.35	5.124
			转子	81	2Y	12	8-1.40	12.312	2Y	12	4-1.45 3-1.56	12.337	2Y	12	7-1.50	12.369	4Y	24	5-1.25	6.135
YR250M2-4	45	1480	定子	85.9	4△	34	3-1.12	2.955	4△	34	2-1.08 1-1.20	2.963	2△	16	1-1.12 4-1.25	5.893	4Y	20	2-1.20 2-1.35	5.124
			转子	81	1Y	6	2-2.0 ×5.6	22.4	1Y	6	2-1.8 ×6.3	22.68	1Y	6	2-2.24 ×5.0	22.4	2Y	12	2-1.0 ×5.6	11.20

续表

型号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据					其他几种可选用导线规格											
									第 1 种				第 2 种				第 3 种			
				电流/A	并联支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²
YR280S-4	55	1480	定子	103.8	4△	26	2-1.50	3.534	4△	26	1-1.06 2-1.30	3.537	2△	12	3-1.20 3-1.25	7.074	4Y	14	5-1.25	6.135
			转子	70	2Y	12	7-1.40	10.773	2Y	12	5-1.50 1-1.56	10.746	2Y	12	1-1.06 6-1.45	10.789	4Y	24	1-1.18 3-1.35	5.383
YR280S-4	55	1480	定子	103.8	4△	26	2-1.50	3.534	4△	26	1-1.06 2-1.30	3.537	2△	12	3-1.20 3-1.25	7.074	4Y	14	5-1.25	6.135
			转子	70	1Y	6	2-2.0 ×5.0	20.0	1Y	6	2-2.24 ×4.5	20.16	1Y	6	2-1.8 ×5.6	20.16	2Y	12	1-2.24 ×4.5	10.08
YR280M-4	75	1480	定子	140	4△	18	1-1.40 2-1.50	5.073	4△	18	1-1.18 3-1.30	5.074	4△	18	1-1.00 3-1.35	5.078	4Y	10	2-1.30 4-1.40	8.81
			转子	128	4Y	12	7-1.40	10.773	4Y	12	5-1.50 1-1.56	10.746	4Y	12	1-1.06 6-1.45	10.789	4Y	12	2-1.40 4-1.56	10.722
YR280M-4	75	1480	定子	140	4△	18	1-1.40 2-1.50	5.073	4△	18	1-1.18 3-1.30	5.074	4△	18	1-1.00 3-1.35	5.078	4Y	10	2-1.30 4-1.40	8.81
			转子	128	2Y	6	2-2.0 ×5.0	20.0	2Y	6	2-2.24 ×4.5	20.16	2Y	6	2-1.8 ×5.6	20.16	4Y	12	1-2.24 ×4.5	10.08
YR132M1-6	3	955	定子	8.2	1△	46	1-1.00	0.785	1△	46	1-0.69 1-0.72	0.781	2△	92	2-0.50	0.3928	1Y	26	2-0.93	1.358
			转子	9.5	1Y	20	3-1.00	2.355	1Y	20	1-1.20 1-1.25	2.358	1Y	20	1-1.08 1-1.35	2.347	2Y	40	1-0.83 1-0.90	1.177
YR132M2-6	4	955	定子	10.7	2△	70	1-0.80	0.503	2△	70	1-0.56 1-0.57	0.501	1△	34	1-0.77 1-0.83	1.007	2Y	40	1-0.74 1-0.75	0.872
			转子	11	2Y	34	2-0.95	1.42	2Y	34	1-0.90 1-1.00	1.421	2Y	34	1-0.85 1-1.04	1.419	1Y	16	1-0.96 2-1.16	2.838
YR160M-6	5.5	970	定子	13.4	2△	66	1-1.00	0.785	2△	66	1-0.69 1-0.72	0.781	1△	32	1-0.96 1-1.04	1.573	2Y	38	2-0.93	1.358
			转子	14.5	2Y	34	2-1.06	1.766	2Y	34	1-1.04 1-1.08	1.765	2Y	34	1-1.00 1-1.12	1.77	1Y	16	2-1.50	3.534
YR160L-6	7.5	970	定子	17.9	2△	50	1-1.18	1.093	2△	50	1-0.69 1-0.96	1.098	1△	24	1-1.16 1-1.20	2.188	2Y	28	1-1.08 1-1.12	1.901
			转子	18	2Y	28	2-1.18	2.186	2Y	28	1-1.16 1-1.20	2.188	2Y	28	2-0.69 2-0.96	2.196	1Y	14	2-1.25 1-1.56	4.365

续表

型号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据					其他几种可选用导线规格											
									第1种				第2种				第3种			
				电流/A	并联支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²
YR180L-6	11	975	定子	23.6	2△	38	1-1.25	1.227	2△	38	1-0.83 1-0.93	1.22	1△	18	1-1.20 1-1.30	2.458	2Y	22	2-1.16	2.114
			转子	22.5	2Y	28	4-1.00	3.14	2Y	28	1-1.06 2-1.20	3.145	2Y	28	1-0.93 2-1.25	3.133	1Y	14	1-1.12 4-1.30	6.293
YR200L-6	15	975	定子	31.8	2△	34	1-1.06 1-1.12	1.868	2△	34	1-0.90 1-1.25	1.863	1△	16	1-1.06 2-1.35	3.745	2Y	20	1-1.12 2-1.20	3.247
			转子	48	2Y	16	2-1.18 4-1.25	7.094	2Y	16	4-1.30 1-1.50	7.075	2Y	16	3-1.20 3-1.25	7.074	3Y	24	1-1.35 2-1.45	4.733
YR200L-6	15	975	定子	31.8	2△	34	1-1.06 1-1.12	1.868	2△	34	1-0.90 1-1.25	1.863	1△	16	1-1.06 2-1.35	3.745	2Y	20	1-1.12 2-1.20	3.247
			转子	48	1Y	8	1-2.24 ×5.6	12.544	1Y	8	1-2.5 ×5.0	12.5	1Y	8	1-2.0 ×6.3	12.6	2Y	16	1-1.0 ×6.3	6.30
YR225M1-6	18.5	980	定子	38.3	2△	36	1-1.18 1-1.25	2.32	2△	36	1-1.12 1-1.30	2.312	1△	18	3-1.40	4.617	2Y	20	2-1.20 1-1.50	4.029
			转子	62.5	2Y	16	8-1.25	9.816	2Y	16	4-1.20 4-1.30	9.832	2Y	16	3-1.25 4-1.40	9.837	3Y	24	1-1.25 4-1.30	6.535
YR225M1-6	18.5	980	定子	38.3	2△	36	1-1.18 1-1.25	2.32	2△	36	1-1.12 1-1.30	2.312	1△	18	3-1.40	4.617	2Y	20	2-1.20 1-1.50	4.029
			转子	62.5	1Y	8	1-2.8 ×6.3	17.64	1Y	8	1-2.5 ×7.1	17.75	1Y	8	2-1.25 ×7.1	17.75	2Y	16	1-1.25 ×7.1	8.875
YR225M2-6	22	980	定子	45	2△	30	1-1.30 1-1.40	2.866	2△	30	2-1.35	2.862	2△	30	1-1.25 1-1.45	2.878	2Y	18	2-1.16 2-1.35	4.976
			转子	61	2Y	16	8-1.25	9.816	2Y	16	4-1.20 4-1.30	9.832	2Y	16	3-1.25 4-1.40	9.837	3Y	24	1-1.25 4-1.30	6.535
YR225M2-6	22	980	定子	45	2△	30	1-1.30 1-1.40	2.866	2△	30	2-1.35	2.862	2△	30	1-1.25 1-1.45	2.878	2Y	18	2-1.16 2-1.35	4.976
			转子	61	1Y	8	1-2.8 ×6.3	17.64	1Y	8	1-2.5 ×7.1	17.75	1Y	8	2-1.25 ×7.1	17.75	2Y	16	1-1.25 ×7.1	8.875
YR250M1-6	30	980	定子	60.3	2△	18	3-1.12 1-1.18	4.048	2△	18	1-1.06 3-1.16	4.054	3△	26	1-1.16 1-1.45	2.708	2Y	10	4-1.18 2-1.30	7.026
			转子	66	2Y	12	7-1.40	10.773	2Y	12	5-1.50 1-1.56	10.746	2Y	12	1-1.06 6-1.45	10.789	3Y	18	5-1.35	7.155

续表

型号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据					其他几种可选用导线规格											
									第 1 种				第 2 种				第 3 种			
				电流/A	并联支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²
YR250M1-6	30	980	定子	60.3	2△	18	3-1.12 1-1.18	4.048	2△	18	1-1.06 3-1.16	4.054	3△	26	1-1.16 1-1.45	2.708	2Y	10	4-1.18 2-1.30	7.026
			转子	66	1Y	6	2-2.24 ×5.0	22.4	1Y	6	2-2.0 ×5.6	22.4	1Y	6	2-1.8 ×6.3	22.68	2Y	12	2-1.0 ×5.6	11.20
YR250M2-6	37	980	定子	73.9	2△	16	3-1.40	4.617	2△	16	1 1.30 2-1.45	4.629	2△	16	2-1.35 1-1.50	4.629	1△	8	4-1.12 4-1.30	9.248
			转子	69	2Y	12	5-1.30 3-1.40	11.252	2Y	12	3-1.40 4-1.45	11.217	2Y	12	4-1.16 4-1.50	11.296	3Y	18	3-1.30 2-1.50	7.515
YR250M2-6	37	980	定子	73.9	2△	16	3-1.40	4.617	2△	16	1-1.30 2-1.45	4.629	2△	16	2-1.35 1-1.50	4.629	1△	8	4-1.12 4-1.30	9.248
			转子	69	1Y	6	2-2.24 ×5.0	22.4	1Y	6	2-2.0 ×5.6	22.4	1Y	6	2-1.8 ×6.3	22.68	2Y	12	2-1.0 ×5.6	11.20
YR280S-6	45	985	定子	87.9	2△	14	3-1.40 1-1.50	6.384	2△	14	2-1.16 3-1.35	6.407	2△	14	1-1.35 3-1.45	6.383	2Y	8	2-1.25 6-1.35	11.04
			转子	76	2Y	12	3 1.30 6-1.40	13.215	2Y	12	5-1.25 4-1.50	13.203	2Y	12	4-1.25 5-1.45	13.163	3Y	18	3-1.06 2-1.30	8.802
YR280S-6	45	985	定子	87.9	2△	14	3-1.40 1-1.50	6.384	2△	14	2-1.16 3-1.35	6.407	2△	14	1-1.35 3-1.45	6.383	2Y	8	2-1.25 6-1.35	11.04
			转子	76	1Y	6	2-2.5 ×5.6	28.0	1Y	6	2-2.8 ×5.0	28.0	1Y	6	2-2.24 ×6.3	28.22	2Y	12	1-2.8 ×5.0	14.0
YR280M-6	55	985	定子	106.9	2△	12	3-1.50 1-1.60	7.312	2△	12	3-1.30 2-1.45	7.283	2△	12	4-1.16 2-1.40	7.306	3△	16	1-1.30 2-1.50	4.861
			转子	80	2Y	12	9-1.40	13.851	2Y	12	3-1.45 5-1.50	13.788	2Y	12	3-1.30 6 1.45	13.887	3Y	16	2-1.16 5-1.35	9.269
YR280M-6	55	985	定子	106.9	2△	12	3-1.50 1-1.60	7.312	2△	12	3-1.30 2-1.45	7.283	2△	12	4-1.16 2-1.40	7.306	3△	16	1-1.30 2-1.50	4.861
			转子	80	1Y	6	2-2.5 ×5.6	28.0	1Y	6	2-2.8 ×5.0	28.0	1Y	6	2-2.24 ×6.3	28.22	2Y	12	1-2.8 ×5.0	14.0
YR160M-8	4	715	定子	10.7	2△	92	1 0.90	0.636	2△	92	1-0.63 1-0.64	0.6336	2△	92	1-0.60 1-0.67	0.636	4△	184	1-0.38 1-0.51	0.3174
			转子	12	2Y	42	2-0.95	1.42	2Y	42	1-0.90 1-1.00	1.421	2Y	42	1-0.85 1-1.04	1.419	1Y	20	1-0.96 2-1.16	2.838

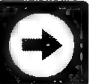
续表

型号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据					其他几种可选用导线规格											
									第1种				第2种				第3种			
				电流/A	并联支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm,根-a×b)	截面积/mm²
YR160L-8	5.5	715	定子	14.2	2△	70	1-1.00	0.785	2△	70	1-0.69 1-0.72	0.781	1△	34	1-0.96 1-1.04	1.573	2Y	40	2-0.93	1.358
			转子	15.5	2Y	34	2-1.06	1.766	2Y	34	1-1.04 1-1.08	1.765	2Y	34	1-1.00 1-1.12	1.77	1Y	16	2-1.50	3.534
YR180L-8	7.5	725	定子	18.4	1△	28	1-1.06 1-1.12	1.868	1△	28	1-1.00 1-1.18	1.878	2△	56	2-0.77	0.932	1Y	16	1-1.30 1-1.56	3.238
			转子	19	2Y	34	1-1.25 1-1.30	2.554	2Y	34	1-1.20 1-1.35	2.562	2Y	34	4-0.90	2.544	4Y	68	1-0.85 1-0.95	1.280
YR200L-8	11	735	定子	26.6	2△	44	2-0.95	1.42	2Y	44	1-0.90 1-1.00	1.421	2Y	44	1-0.85 1-1.04	1.419	1Y	22	1-0.96 2-1.16	2.838
			转子	46	2Y	16	2-1.18 4-1.25	7.094	2Y	16	4-1.30 1-1.50	7.075	2Y	16	2-1.25 3-1.40	7.071	4Y	32	2-0.90 2-1.20	3.534
YR200L-8	11	735	定子	26.6	2△	44	2-0.95	1.42	2Y	44	1-0.90 1-1.00	1.421	2Y	44	1-0.85 1-1.04	1.419	1Y	22	1-0.96 2-1.16	2.838
			转子	46	1Y	8	1-2.24 ×5.6	12.544	1Y	8	1-2.5 ×5.0	12.5	1Y	8	1-2.0 ×6.3	12.6	2Y	16	1-1.0 ×6.3	6.30
YR225M1-8	15	735	定子	34.5	2△	40	2-1.12	1.97	2△	40	1-1.08 1-1.16	1.973	2△	40	1-1.06 1-1.18	1.976	2Y	22	1-1.45 1-1.50	3.418
			转子	56	2Y	16	8-1.25	9.816	2Y	16	4-1.20 4-1.30	9.832	2Y	16	3-1.25 4-1.40	9.837	4Y	32	2-1.20 2-1.30	4.916
YR225M1-8	15	735	定子	34.5	2△	40	2-1.12	1.97	2△	40	1-1.08 1-1.16	1.973	2△	40	1-1.06 1-1.18	1.976	2Y	22	1-1.45 1-1.50	3.418
			转子	56	1Y	8	1-2.8 ×6.3	17.64	1Y	8	1-2.5 ×7.1	17.75	1Y	8	2-1.25 ×7.1	17.75	2Y	16	1-1.25 ×7.1	8.875
YR225M2-8	18.5	735	定子	42.1	2△	32	2-1.30	2.654	2△	32	1-1.25 1-1.35	2.658	2△	32	1-1.20 1-1.40	2.670	2Y	18	3-1.20 1-1.25	4.62
			转子	54	2Y	16	8-1.25	9.816	2Y	16	4-1.20 4-1.30	9.832	2Y	16	3-1.25 4-1.40	9.837	4Y	32	2-1.20 2-1.30	4.916
YR225M2-8	18.5	735	定子	42.1	2△	32	2-1.30	2.654	2△	32	1-1.25 1-1.35	2.658	2△	32	1-1.20 1-1.40	2.670	2Y	18	3-1.20 1-1.25	4.62
			转子	54	1Y	8	1-2.8 ×6.3	17.64	1Y	8	1-2.5 ×7.1	17.75	1Y	8	2-1.25 ×7.1	17.75	2Y	16	1-1.25 ×7.1	8.875

续表

型号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据					其他几种可选用导线规格											
									第 1 种				第 2 种				第 3 种			
				电流/A	并联支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/(根-mm，根-a×b)	截面积/mm²
YR250M1-8	22	735	定子	48.7	4△	48	1-1.40	1.539	4△	48	1-0.93 1-1.04	1.528	4△	48	1-0.90 1-1.08	1.552	4Y	28	2-1.30	2.654
			转子	65.5	2Y	12	7-1.40	10.773	2Y	12	5-1.50 1-1.56	10.746	2Y	12	1-1.06 6-1.45	10.789	4Y	24	3-1.08 2-1.30	5.402
YR250M1-8	22	735	定子	48.7	4△	48	1-1.40	1.539	4△	48	1-0.93 1-1.04	1.528	4△	48	1-0.90 1-1.08	1.552	4Y	28	2-1.30	2.654
			转子	65.5	1Y	6	2-2.24 ×5.0	22.4	1Y	6	2-2.0 ×5.6	22.4	1Y	6	2-1.8 ×6.3	22.68	2Y	12	2-1.0 ×5.6	11.20
YR250M2-8	30	735	定子	66.1	8△	74	1-1.12	0.985	8△	74	1-0.75 1-0.83	0.983	4△	36	1-1.08 1-1.16	1.973	8Y	42	1-0.96 1-1.12	1.709
			转子	69	2Y	12	7-1.40	10.773	2Y	12	5-1.50 1-1.56	10.746	2Y	12	1-1.06 6-1.45	10.789	4Y	24	3-1.08 2-1.30	5.402
YR250M2-8	30	735	定子	66.1	8△	74	1-1.12	0.985	8△	74	1-0.75 1-0.83	0.983	4△	36	1-1.08 1-1.16	1.973	8Y	42	1-0.96 1-1.12	1.709
			转子	69	1Y	6	2-2.24 ×5.0	22.4	1Y	6	2-2.0 ×5.6	22.4	1Y	6	2-1.8 ×6.3	22.68	2Y	12	2-1.0 ×5.6	11.20
YR280S-8	37	735	定子	78.2	4△	36	3-1.00	2.355	4△	36	1-1.20 1-1.25	2.358	4△	36	1-1.08 1-1.35	2.347	4Y	20	2-1.30 1-1.35	4.085
			转子	81.5	2Y	12	9-1.40	13.851	2Y	12	3-1.45 5-1.50	13.788	2Y	12	3-1.30 6-1.45	13.887	4Y	24	3-1.20 2-1.50	6.927
YR280S-8	37	735	定子	78.2	4△	36	3-1.00	2.355	4△	36	1-1.20 1-1.25	2.358	4△	36	1-1.08 1-1.35	2.347	4Y	20	2-1.30 1-1.35	4.085
			转子	81.5	1Y	6	2-2.5 ×5.6	28.0	1Y	6	2-2.8 ×5.0	28.0	1Y	6	2-2.24 ×6.3	28.22	2Y	12	1-2.8 ×5.0	14.0
YR280M-8	45	735	定子	92.9	4△	28	2-1.40	3.078	4△	28	1-1.35 1-1.45	3.082	4△	28	1-1.30 1-1.50	3.094	4Y	16	4-1.30	5.308
			转子	76	2Y	12	3-1.30 6-1.40	13.215	2Y	12	8-1.45	13.208	2Y	12	4-1.18 5-1.50	13.207	4Y	24	2-1.40 2-1.50	6.612
YR280M-8	45	735	定子	92.9	4△	28	2-1.40	3.078	4△	28	1-1.35 1-1.45	3.082	4△	28	1-1.30 1-1.50	3.094	4Y	16	4-1.30	5.308
			转子	76	1Y	6	2-2.5 ×5.6	28.0	1Y	6	2-2.8 ×5.0	28.0	1Y	6	2-2.24 ×6.3	28.22	2Y	12	1-2.8 ×5.0	14.0

18.3　变极多速三相异步电机技术数据



18.3.1　YD系列变极多速三相异步电机技术数据（表18-9）

表18-9　YD系列变极多速三相异步电机技术数据（380V、50Hz）

型号	极数	额定功率/kW	接法	额定时				定子铁芯		铁芯长度/mm	定/转子槽数	绕组形式	节距	每槽导体数	线规/(根 mm)	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	磁化电流/A
				转速/(r/min)	电流/A	效率/%	功率因数	外径/mm	内径/mm										
YD801-4/2	4	0.45	△	1420	1.37	66	0.74	120	75	65	24/22	双层叠式	1 -8 (1 7)	260	1 0.38	6.5	1.5	1.8	0.69
	2	0.55	2Y	2860	1.45	65	0.85									7	1.6		0.52
YD802-4/2	4	0.55	△	1420	1.64	68	0.74	120	75	80	24/22	双层叠式	1 -8 (1 7)	210	1 0.42	6.5	1.5	1.8	0.91
	2	0.75	2Y	2860	1.9	66	0.85									7	1.6		0.704
YD90S-4/2	4	0.85	△	1430	2.27	74	0.77	130	80	90	24/22	双层叠式	1 7	160	1 0.47	6.5	1.5	1.8	1.16
	2	1.1	2Y	2850	2.68	72	0.84									7	1.6		1.14
YD90L-4/2	4	1.3	△	1430	3.29	76	0.78	130	80	120	24/22	双层叠式	1 7	124	1-0.56	6.5	1.5	1.8	1.59
	2	1.6	2Y	2850	3.79	74	0.84									7	1.6		1.69
YD100L1-4/2	4	2	△	1430	4.76	78	0.81	155	98	105	36/32	双层叠式	1—11	80	1 0.71	6.5	1.5	1.8	2.22
	2	2.4	2Y	2850	5.52	76	0.86									7	1.6		2.28
YD100L2-4/2	4	2.4	△	1430	5.42	79	0.83	155	98	135	36/32	双层叠式	1 11	68	1-0.75	6.5	1.5	1.8	2.25
	2	3.0	2Y	2850	6.27	77	0.89									7	1.6		1.81
YD112M-4/2	4	3.3	△	1450	7.33	81	0.83	175	110	136	36/32	双层叠式	1 11	56	1-0.95	6.5	1.5	1.8	3.2
	2	4.0	2Y	2890	8.47	80	0.88									7	1.6		3.08
YD132S-4/2	4	4.5	△	1450	9.63	83	0.84	210	136	115	36/32	双层叠式	1 11	56	1-1.18	6.5	1.5	1.8	3.84
	2	5.5	2Y	2860	11.8	79	0.88									7	1.6		3.97
YD132M-4/2	4	6.5	△	1450	13.6	84	0.85	210	136	160	36/32	双层叠式	1 11	42	2-0.95	6.5	1.5	1.8	4.80
	2	8	2Y	2880	16.2	80	0.89									7	1.6		4.51
YD160M-4/2	4	9	△	1460	18.2	87	0.85	260	170	155	36/26	双层叠式	1 10	36	1-1.18	6.5	1.5	1.8	5.78
	2	11	2Y	2920	22.0	82	0.89								1 1.12	7	1.6		6.17
YD160L-4/2	4	11	△	1460	21.8	87	0.86	260	170	195	36/26	双层叠式	1 10	30	1 1.25	6.5	1.5	1.8	6.55
	2	14	2Y	2920	26.8	82	0.90								1-1.3	7	1.6		5.87
YD180M-4/2	4	15	△	1470	29.0	89	0.87	290	187	190	48/44	双层叠式	1 13	20	3 1.25	6.5	1.5	1.8	9.7
	2	18.5	2Y	2940	36.6	85	0.90									7	1.6		11.7
YD180L-4/2	4	18.5	△	1470	35.4	89	0.88	290	187	220	48/44	双层叠式	1 13	18	3-1.12	6.5	1.5	1.8	10.1
	2	22	2Y	2940	41.5	86	0.91								1-1.18	7	1.6		10.6
YD200L-4/2	4	26	△	1470	49.1	89	0.89	327	210	230	48/44	双层叠式	1—13	16	3 1.4	6.5	1.4	1.8	11.9
	2	30	2Y	2940	55.4	85	0.92								1-1.3	7	1.4		9.1
YD225S-4/2	4	32	△	1470	59.6	90	0.89	368	245	235	48/44	双层叠式	1—13	14	3-1.4	6.5	1.4	1.8	13.8
	2	37	2Y	2950	68.7	86	0.92								2-1.5	7	1.4		13.4
YD225M-4/2	4	37	△	1470	68.4	91	0.89	368	245	270	48/44	双层叠式	1 13	12	1-1.5	6.5	1.4	1.8	16.1
	2	45	2Y	2950	82.7	87	0.92								4-1.4	7	1.4		17.4

续表

型号	极数	额定功率/kW	接法	额定时				定子铁芯		铁芯长度/mm	定/转子槽数	绕组形式	节距	每槽导体数	线规/(根-mm)	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	磁化电流/A
				转速/(r/min)	电流/A	效率/%	功率因数	外径/mm	内径/mm										
YD250M-4/2	4	45	△	1470	83.3	91	0.89	400	260	240	48/44	双层叠式	1—13	12	1-1.5 5-1.6	6.5	1.4	1.8	19.3
	2	55	2Y	2950	100.3	88	0.92									7	1.4		21.7
YD280S-4/2	4	60	△	1470	109.8	90	0.90	445	300	265	60/50	双层叠式	1—16	8	6-1.5 4-1.4	6.5	1.4	1.8	25.4
	2	72	2Y	2950	132.0	88	0.92									7	1.4		27.3
YD280M-4/2	4	72	△	1470	131.2	91	0.90	445	300	325	60/50	双层叠式	1 16	7	12-1.4	6.5	1.4	1.8	26.5
	2	82	2Y	2950	146.7	88	0.93									7	1.4		21.8
YD90S-6/4	6	0.65	△	920	2.12	64	0.70	130	86	100	36/33	双层叠式	1—8 (1—7)	146	1-0.45	6	1.4	1.8	1.23
	4	0.85	2Y	1420	2.18	70	0.79									6.5	1.3		0.98
YD90L-6/4	6	0.85	△	930	2.72	66	0.70	130	86	125	36/33	双层叠式	1—8 (1—7)	116	1-0.53	6	1.4	1.8	1.63
	4	1.1	2Y	1400	2.8	71	0.79									6.5	1.3		1.31
YD100L1-6/4	6	1.3	△	940	3.71	74	0.70	155	98	115	36/32	双层叠式	1 7	102	1-0.63	6	1.4	1.8	2.10
	4	1.8	2Y	1440	4.37	77	0.80									6.5	1.3		2.07
YD100L2-6/4	6	1.5	△	940	4.23	75	0.70	155	98	135	36/32	双层叠式	1 7	88	1-0.67	6	1.4	1.8	2.41
	4	2.2	2Y	1440	5.23	77	0.80									6.5	1.3		2.35
YD112M-6/4	6	2.2	△	960	5.68	77	0.75	175	120	135	36/33	双层叠式	1 8	76	1-0.80	6	1.4	1.8	2.806
	4	2.8	2Y	1440	6.36	77	0.82									6.5	1.3		2.44
YD132S-6/4	6	3	△	970	7.57	79	0.75	210	148	120	36/33	双层叠式	1—8	66	1-0.95	6.5	1.4	1.8	3.98
	4	4	2Y	1440	8.84	80	0.82									6.5	1.3		3.45
YD132M-6/4	6	4	△	970	9.63	81	0.76	210	148	180	36/33	双层叠式	1 8	48	2-0.80	6	1.4	1.8	4.92
	4	5.5	2Y	1440	11.6	80	0.85									6.5	1.3		3.95
YD160M-6/4	6	6.5	△	970	14.7	84	0.78	260	180	145	36/33	双层叠式	1 8	46	1-1.0 1-1.06	6	1.4	1.8	5.96
	4	8	2Y	1460	16.6	83	0.85									6.5	1.3		5.07
YD160L-6/4	6	9	△	970	20.2	85	0.78	260	180	195	36/33	双层叠式	1 8	34	2-1.18	6	1.4	1.8	8.24
	4	11	2Y	1460	22.5	84	0.85									6.5	1.3		7.07
YD180M-6/4	6	11	△	980	24.9	85	0.78	290	205	200	36/32	双层叠式	1—8	30	3-0.95 1-0.90	6	1.4	1.8	9.61
	4	14	2Y	1470	28.8	85	0.85									6.5	1.3		8.10
YD180L-6/4	6	13	△	980	29.3	86	0.78	290	205	230	36/32	双层叠式	1—8	26	2-1.18 1-1.12	6	1.4	1.8	11.2
	4	16	2Y	1470	32.8	85	0.85									6.5	1.3		9.52
YD200L-6/4	6	18.5	△	980	40.3	87	0.78	327	230	230	36/32	双层叠式	1 8	22	2-1.25 2-1.3	6.5	1.4	1.8	16.1
	4	22	2Y	1470	43.8	87	0.86									7	1.3		13.4
YD225S-6/4	6	22	△	980	42.5	88	0.86	368	260	240	72/58	双层叠式	1—15	12	3-1.5 2-1.6	6.5	1.4	1.8	13.8
	4	28	2Y	1470	54.1	87	0.87									7	1.3		17.0
YD225M-6/4	6	26	△	980	49.7	88	0.86	368	260	270	72/58	双层叠式	1 15	12	6-1.4	6.5	1.4	1.8	11.7
	4	34	2Y	1470	63.0	87	0.90									7	1.3		10.3

续表

型号	极数	额定功率/kW	接法	额定时				定子铁芯		铁芯长度/mm	定/转子槽数	绕组形式	节距	每槽导体数	线规/(根-mm)	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	磁化电流/A
				转速/(r/min)	电流/A	效率/%	功率因数	外径/mm	内径/mm										
YD250M-6/4	6	32	△	980	60.2	90	0.87	400	285	295	72/58	双层叠式	1 13	10	5-1.4 1-1.3	6.5	1.4	1.8	13.4
	4	42	2Y	1470	76.6	88	0.91									7	1.3		14.0
YD280S-6/4	6	42	△	980	80.4	90	0.87	445	325	295	72/58	双层叠式	1—14	8	9-1.4	6.5	1.4	1.8	21.9
	4	55	2Y	1470	101.9	89	0.90									7	1.3		23.1
YD280M-6/4	6	55	△	980	104.8	90	0.87	445	325	327	72/58	双层叠式	1—14	6	12-1.4	6.5	1.4	1.8	31.3
	4	72	2Y	1470	135.1	89	0.89									7	1.3		38.2
YD90L-8/4	8	0.45	△	700	1.89	58	0.63	130	86	125	36/33	双层叠式	1 -6	168	1-0.42	5.5	1.5	1.8	1.21
	4	0.75	2Y	1420	1.78	72	0.87									6.5	1.5		0.59
YD100L-8/4	8	0.85	△	700	2.98	68	0.63	155	106	135	36/33	双层叠式	1 -6	114	1-0.56	5.5	1.5	1.8	1.97
	4	1.5	2Y	1410	3.29	75	0.88									6.5	1.5		0.96
YD112M-8/4	8	1.5	△	700	4.97	72	0.63	175	120	135	36/33	双层叠式	1 -6	94	1-0.71	5.5	1.5	1.8	3.22
	4	2.4	2Y	1410	5.19	78	0.88									6.5	1.5		1.58
YD132S-8/4	8	2.2	△	720	6.76	75	0.64	210	148	120	36/33	双层叠式	1 -6	84	1-0.85	5.5	1.5	1.8	4.30
	4	3.3	2Y	1440	6.8	80	0.88									6.5	1.5		2.04
YD132M-8/4	8	3	△	720	6.82	78	0.65	210	148	180	36/33	双层叠式	1—6	60	1-0.67 1-0.71	5.5	1.5	1.8	5.47
	4	4.5	2Y	1440	9.05	82	0.89									6.5	1.5		2.65
YD160M-8/4	8	5	△	730	13.7	83	0.66	260	180	145	36/33	双层叠式	1 -6	54	1-0.9 1-1.0	5.5	1.5	1.8	7.95
	4	7.5	2Y	1450	15.0	84	0.89									6.5	1.5		3.87
YD160L-8/4	8	7	△	730	17.7	85	0.66	260	180	195	36/33	双层叠式	1 -6	40	2-1.12	5.5	1.5	1.8	8.72
	4	11	2Y	1450	21.6	86	0.89									6.5	1.5		5.29
YD180L-8/4	8	11	△	730	24.9	86	0.74	290	205	260	54/58	双层叠式	1—8	22	2-1.3	6	1.5	1.8	12.3
	4	17	2Y	1470	31.5	87	0.92									7	1.5		6.75
YD200L1-8/4	8	14	△	730	32.6	86	0.74	327	230	220	54/50	双层叠式	1 -8	20	1-1.18 2-1.25	6	1.5	1.8	17.2
	4	22	2Y	1470	41.0	88	0.92									7	1.5		9.81
YD200L2-8/4	8	17	△	730	37.5	87	0.74	327	230	270	54/50	双层叠式	1 -8	18	2-1.6	6	1.5	1.8	16.5
	4	26	2Y	1470	47.9	88	0.92									7	1.5		9.25
YD225M-8/4	8	24	△	730	51.5	89	0.77	368	260	250	72/58	双层叠式	1 -10	13	1-1.4 4-1.5	6	1.4	1.8	22.12
	4	34	2Y	1470	65.2	88	0.88									7	1.3		19.6
YD250M-8/4	8	30	△	730	61.2	90	0.78	400	285	295	72/58	双层叠式	1—10	11	2-1.4 3-1.5	6	1.4	1.8	22.5
	4	42	2Y	1470	75.1	89	0.91									7	1.3		13.1
YD280S-8/4	8	40	△	730	81.9	91	0.80	445	325	260	72/58	双层叠式	1 -10	10	3-1.5 3-1.6	6	1.4	1.8	31.9
	4	55	2Y	1470	99.8	90	0.91									7	1.3		21.5
YD280M-8/4	8	47	△	730	94.6	91	0.81	445	325	335	72/58	双层叠式	1—10	8	8-1.5	6	1.4	1.8	34.9
	4	67	2Y	1470	119.1	90	0.92									7	1.3		21.6

续表

型号	极数	额定功率/kW	接法	额定时				定子铁芯		铁芯长度/mm	定/转子槽数	绕组形式	节距	每槽导体数	线规/(根-mm)	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	磁化电流/A
				转速/(r/min)	电流/A	效率/%	功率因数	外径/mm	内径/mm										
YD90S-8/6	8	0.35	△	700	1.54	56	0.60	130	86	100	36/33	双层叠式	1—6	208	1-0.4	5	1.5	1.8	1.04
	6	0.45	2Y	920	1.35	70	0.71									6	1.5		0.77
YD90L-8/6	8	0.45	△	700	1.87	59	0.60	130	86	125	36/33	双层叠式	1—6	170	1-0.45	5	1.5	1.8	1.25
	6	0.65	2Y	920	1.82	71	0.73									6	1.5		0.91
YD100L-8/6	8	0.75	△	710	2.82	65	0.60	155	106	135	36/33	双层叠式	1—6	116	1-0.53	5	1.5	1.8	1.96
	6	1.1	2Y	950	2.84	75	0.73									6	1.5		1.4
YD112M-8/6	8	1.3	△	710	4.49	72	0.61	175	120	135	36/33	双层叠式	1—6	98	1-0.67	5	1.5	1.8	3.01
	6	1.8	2Y	950	4.53	78	0.73									6	1.5		2.16
YD132S-8/6	8	1.8	△	730	5.77	75	0.62	210	148	110	36/33	双层叠式	1—5	94	1-0.53	5	1.5	1.8	3.83
	6	2.4	2Y	970	6.22	80	0.73								1-0.56	6	1.5		3.44
YD132M-8/6	8	2.6	△	730	7.97	78	0.62	210	148	180	36/33	双层叠式	1—5	62	1-0.67	5	1.5	1.8	5.32
	6	3.7	2Y	970	9.04	82	0.73								1-0.71	6	1.5		4.74
YD160M-8/6	8	4.5	△	730	12.5	83	0.62	260	180	145	36/33	双层叠式	1—5	56	2-0.95	5	1.5	1.8	7.59
	6	6	2Y	980	14.1	85	0.73									6	1.5		6.79
YD160L-8/6	8	6	△	730	16.6	84	0.62	260	180	195	36/33	双层叠式	1—5	42	3-0.90	5	1.5	1.8	10.1
	6	8	2Y	980	18.5	86	0.73									6	1.5		9.03
YD180M-8/6	8	7.5	△	730	21.0	84	0.62	290	205	200	36/32	双层叠式	1—5	36	1-0.95	5	1.5	1.8	12.7
	6	10	2Y	980	23.5	86	0.73								2-1.0	6	1.5		11.3
YD180L-8/6	8	9	△	730	24.3	85	0.65	290	205	230	36/32	双层叠式	1—5	32	1-1.25	5	1.5	1.8	13.6
	6	12	2Y	980	27.7	86	0.75								1-1.3	6	1.5		12.3
YD200L1-8/6	8	12	△	730	31.2	86	0.65	327	230	230	36/32	双层叠式	1—5	28	3-1.3	5	1.5	1.8	18.5
	6	17	2Y	980	37.9	87	0.76									6	1.5		16.1
YD200L2-8/6	8	15	△	730	38.5	87	0.65	327	230	270	36/32	双层叠式	1—5	24	2-1.8	5	1.5	1.8	21.2
	6	20	2Y	980	44.2	88	0.76								2-1.25	6	1.5		18.6
YD160M-12/6	12	2.6	△	480	10.9	75	0.46	260	180	145	36/33	双层叠式	1—4	74	1-0.8	4	1.2	1.8	8.11
	6	5	2Y	970	11.3	84	0.78								1-0.85	6	1.3		4.68
YD160L-12/6	12	3.7	△	480	15.5	77	0.46	260	180	205	36/33	双层叠式	1—4	52	1-1.4	4	1.2	1.8	11.9
	6	7	2Y	970	15.6	85	0.79									6	1.3		6.81
YD180L-12/6	12	5.5	△	490	19.2	79	0.54	290	205	230	54/58	双层叠式	1—6	32	1-1.06	4	1.2	1.8	14.2
	6	10	2Y	980	19.8	86	0.86								1-1.12	6	1.3		6.23
YD200L1-12/6	12	7.5	△	490	25.0	82	0.56	327	230	220	54/50	双层叠式	1—6	28	1-1.3	4	1.2	1.8	18.0
	6	13	2Y	980	25.8	87	0.86								1-1.25	6	1.3		8.14
YD200L2-12/6	12	9	△	490	28.4	83	0.57	327	230	270	54/50	双层叠式	1—6	24	3-1.12	4	1.2	1.8	19.5
	6	15	2Y	980	29.5	87	0.87									6	1.3		8.98
YD225M-12/6	12	12	△	490	33.9	85	0.61	368	260	200	72/58	双层叠式	1—7	22	2-1.5	4	1.2	1.8	20.5
	6	20	2Y	980	38.9	88	0.87								1-1.4	6	1.3		10.0

续表

型号	极数	额定功率/kW	接法	额定时 转速/(r/min)	电流/A	效率/%	功率因数	定子铁芯 外径/mm	内径/mm	铁芯长度/mm	定/转子槽数	绕组形式	节距	每槽导体数	线规/(根-mm)	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	磁化电流/A
YD250M-12/6	12	15	△	490	40.8	86	0.63	400	285	225	72/58	双层叠式	1—7	18	1-1.4 2-1.5	4	1.2	1.8	24.9
	6	24	2Y	980	45.9	88	0.87									6	1.3		12.5
YD280S-12/6	12	20	△	490	54.0	88	0.63	445	325	215	72/58	双层叠式	1—7	16	4-1.5	4	1.2	1.8	33.1
	6	30	2Y	980	57.4	89	0.87									6	1.3		16.9
YD280M-12/6	12	24	△	490	61.1	88	0.65	445	325	260	72/58	双层叠式	1—7	14	3-1.4 2-1.5	4	1.2	1.8	33.8
	6	37	2Y	980	70.0	89	0.87									6	1.3		17.8
YD100L-6/4/2	6	0.75	Y	950	2.51	67	0.65	155	98	135	36/32	单层链式	1—6	54	1-0.56	5.5	1.3	1.8	1.69
	4	1.3	△	1450	3.4	72	0.75					双层叠式	1—10	72	1-0.53	6	1.3		1.87
	2	1.8	2Y	2900	4.33	71	0.85									7	1.3		1.86
YD112M-6/4/2	6	1.1	Y	950	3.44	73	0.65	175	110	135	36/32	单层链式	1—6	45	1-0.67	5.5	1.3	1.8	2.29
	4	2	△	1450	4.92	73	0.81					双层叠式	1—10	62	1-0.60	6	1.3		2.27
	2	2.4	2Y	2900	5.50	74	0.85									7	1.3		2.3
YD132S-6/4/2	6	1.8	Y	950	4.76	75	0.71	210	136	115	36/32	单层链式	1—6	45	1-0.9	5.5	1.3	1.8	2.75
	4	2.6	△	1450	5.96	78	0.83					双层叠式	1—10	64	1-0.75	6	1.3		1.47
	2	3	2Y	2920	6.98	71	0.87									7	1.3		2.66
YD132M1-6/4/2	6	2.2	Y	970	5.82	77	0.72	210	136	140	36/32	单层链式	1—6	37	1-0.9	5.5	1.3	1.8	3.31
	4	3	△	1460	7.19	80	0.84					双层叠式	1—10	56	1-0.85	6	1.3		2.70
	2	4	2Y	2910	8.34	76	0.91									7	1.3		2.28
YD132M2-6/4/2	6	2.6	Y	970	6.75	80	0.72	210	136	180	36/32	单层链式	1—6	30	2-0.75	5.5	1.3	1.8	3.97
	4	4	△	1460	8.69	80	0.84					双层叠式	1—10	44	1-0.9	6	1.3		3.43
	2	5	2Y	2910	10.2	77	0.91									7	1.3		2.84
YD160M-6/4/2	6	3.7	Y	980	9.37	82	0.72	260	170	155	36/26	单层链式	1—6	27	2-0.9	5.5	1.3	1.8	5.16
	4	5	△	1470	11.0	81	0.84					双层叠式	1—10	40	2-0.75	6	1.3		4.43
	2	6	2Y	2930	12.8	76	0.91									7	1.3		3.36
YD160M-6/4/2	6	4.5	Y	980	11.3	83	0.72	260	170	195	36/26	单层链式	1—6	22	2-0.8 1-0.85	5.5	1.3	1.8	6.22
	4	7	△	1470	14.9	83	0.85					双层叠式	1—10	32	1-1.18	6	1.3		5.51
	2	9	2Y	2930	18.1	79	0.92									7	1.3		4.10
YD112M-8/4/2	8	0.65	Y	700	2.57	59	0.63	175	110	135	36/32	双层叠式	1—5	68	1-0.53	4.5	1.3	1.8	1.62
	4	2	△	1450	4.92	73	0.81						1—10	62	1-0.60	6	1.3		2.27
	2	2.4	2Y	2920	5.5	74	0.85									7	1.3		2.30
YD132S-8/4/2	8	1	Y	720	3.61	69	0.61	210	136	115	36/32	双层叠式	1—5	62	1-0.75	4.5	1.3	1.8	2.49
	4	2.6	△	1460	5.96	78	0.83						1—10	64	1-0.75	6	1.3		2.55
	2	3	2Y	2910	6.98	71	0.87									7	1.3		2.66

续表

型号	极数	额定功率/kW	接法	额定时 转速/(r/min)	电流/A	效率/%	功率因数	定子铁芯 外径/mm	内径/mm	铁芯长度/mm	定/转子槽数	绕组形式	节距	每槽导体数	线规/(根-mm)	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	磁化电流/A
YD132M-8/4/2	8	1.3	Y	720	4.4	71	0.61	210	136	160	36/32	双层叠式	1—5	48	1-0.85	4.5	1.3	1.8	2.98
	4	3.7	△	1460	8.16	80	0.84						1—10	48	1-0.85	6	1.3		3.24
	2	4.5	2Y	2910	9.46	76	0.91									7	1.3		2.93
YD160M-8/4/2	8	2.2	Y	720	7.56	75	0.59	260	170	155	36/26	双层叠式	1—5	36	2-0.75	4.5	1.3	1.8	5.11
	4	5	△	1440	11.0	81	0.84						1—10	40	2-0.75	6	1.3		4.43
	2	6	24	2910	12.8	76	0.91									7	1.3		3.36
YD160L-8/4/2	8	2.8	Y	720	8.98	77	0.60	260	170	195	36/36	双层叠式	1—5	30	1-1.25	4.5	1.3	1.8	5.59
	4	7	△	1440	14.9	83	0.85						1—10	32	1-1.18	6	1.3		5.51
	2	9	2Y	2910	18.2	79	0.92									7	1.3		4.10
YD112M-8/6/4	8	0.85	△	710	3.72	62	0.56	175	120	135	36/33	双层叠式	1—6	100	1-0.53	5.5	1.3	1.8	2.77
	6	1	Y	950	3.08	67	0.73					单层链式	1—6	46	1-0.56	6.5	1.3		1.80
	4	1.5	2Y	1440	3.47	75	0.86					双层叠式	1—6	100	1-0.53	7	1.4		1.36
YD132S-8/6/4	8	1.1	△	730	4.10	67	0.60	210	148	120	36/33	双层叠式	1—6	98	1-0.6	5.5	1.3	1.8	2.91
	6	1.5	Y	970	4.18	74	0.73					单层链式	1—6	41	1-0.71	6.5	1.3		2.39
	4	1.8	2Y	1460	3.95	78	0.87					双层叠式	1—6	98	1-0.6	7	1.4		1.42
YD132M1-8/6/4	8	1.5	△	730	5.09	71	0.62	210	148	160	36/33	双层叠式	1—6	78	1-0.67	5.5	1.3	1.8	3.41
	6	2	Y	970	5.28	77	0.73					双层叠式	1—6	32	1-0.85	6.5	1.3		2.99
	4	2.2	2Y	1460	4.7	79	0.87					双层叠式	1—6	78	1-0.67	7	1.4		1.69
YD132M2-8/6/4	8	1.8	△	730	6.25	72	0.62	210	148	160	36/33	双层叠式	1—6	66	1-0.71	5.5	1.3	1.8	4.31
	6	2.6	Y	970	6.79	78	0.74					单层链式	1—6	27	1-0.9	6.5	1.3		3.77
	4	3	2Y	1460	6.34	80	0.87					双层叠式	1—6	66	1-0.71	7	1.4		2.09
YD160M-8/6/4	8	3.3	△	720	10.1	79	0.62	260	180	145	36/33	双层叠式	1—6	58	1-0.71 1-0.75	5.5	1.6	1.8	6.69
	6	4	Y	960	9.89	81	0.76					单层链式	1—6	25	2-0.8	6.5	1.5		5.07
	4	5.5	2Y	1440	11.2	83	0.87					双层叠式	1—6	58	1-0.71 1-0.75	7	1.4		3.24
YD160L-8/6/4	8	4.5	△	720	13.3	80	0.62	260	180	195	36/33	双层叠式	1—6	44	2-0.85	5.5	1.6	1.8	8.63
	6	6	Y	960	14.7	83	0.76					单层链式	1—6	18	2-0.8 1-0.85	6.5	1.5		7.52
	4	7	2Y	1440	14.9	84	0.87					双层叠式	1—6	44	2-0.85	7	1.4		4.21

续表

型号	极数	额定功率/kW	接法	额定时				定子铁芯		铁芯长度/mm	定/转子槽数	绕组形式	节距	每槽导体数	线规/(根-mm)	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	磁化电流/A
				转速/(r/min)	电流/A	效率/%	功率因数	外径/mm	内径/mm										
YD180L-8/6/4	8	7	△	740	17.5	81	0.71	290	205	230	54/58	双层叠式	1—8	26	2-0.95	6.5	1.6	1.8	9.79
	6	9	Y	980	20.2	83	0.80						1 9	10	2-1.12	7	1.5		10.2
	4	12	2Y	1470	22.9	84	0.90						1 -8	26	2-0.95	7	1.4		5.27
YD200L-8/6/4	8	10	△	740	21.4	83	0.71	327	230	270	54/50	双层叠式	1—8	20	4-0.8	6.5	1.6	1.8	13.2
	6	13	Y	980	28.0	85	0.81						1 9	8	6-0.8	7	1.5		12.5
	4	17	2Y	1470	32.1	86	0.90						1 8	20	4-0.8	7	1.4		7.19
YD225S-8/6/4	8	14	△	740	33.4	86	0.71	368	260	240	72/58	双层叠式	1—11	14	4-1.25	6.5	1.6	1.8	19.4
	6	18.5	Y	980	37.6	87	0.81						1—12	8	3-1.6	7	1.5		14.7
	4	24	2Y	1480	44.5	87	0.90						1—11	14	4-1.25	7	1.4		10.5
YD225M-8/6/4	8	17	△	740	41.6	87	0.70	368	260	270	72/58	双层叠式	1 11	12	2-1.5 1-1.6	6.5	1.6	1.8	24.5
	6	22	Y	980	42.5	87	0.85						1—12	6	2-1.4 2-1.5	7	1.5		12.8
	4	28	2Y	1480	52.5	87	0.90						1—11	12	2-1.5 1-1.6	7	1.4		13.8
YD250M-8/6/4	8	24	△	740	54.1	88	0.75	400	285	335	72/58	双层叠式	1 -12	10	2-1.25 2-1.4	6.5	1.2	1.8	26.2
	6	26	Y	980	51.3	88	0.85						1—12	13	2-1.18	7	1.5		18.4
	4	34	2Y	1480	60.8	89	0.92						1—12	10	2-1.25 2-1.4	7	1.4		9.85
YD280S-8/6/4	8	30	△	740	67.4	89	0.75	445	325	325	72/58	双层叠式	1 -12	9	2-1.18 4-1.25	6.5	1.2	1.8	32.6
	6	34	Y	980	66.3	89	0.86						1 12	4	5-1.25 2-1.3	7	1.5		22.0
	4	42	2Y	1480	75.2	89	0.92						1—12	9	2-1.18 4-1.25	7	1.4		12.7
YD280M-8/6/4	8	34	△	740	75.6	89	0.75	445	325	375	72/58	双层叠式	1—12	8	5-1.18 2-1.25	6.5	1.2	1.8	35.4
	6	37	Y	980	71.3	89	0.86						1—12	11	1-1.25 2-1.18	7	1.5		22.4
	4	50	2Y	1480	89.5	90	0.92						1—12	8	5-1.18 2-1.25	7	1.4		13.7

18.3.2　JTD、YTD系列电梯专用变极多速三相异步电机技术数据（表18-10）

表18-10　JTD、YTD系列电梯专用变极多速三相异步电机技术数据（380V、50Hz）

型号	极数	功率/kW	额定电流/A	接法	定子		铁芯长度/mm	定/转子槽数	节距	每槽导体数	线规/mm	气隙/mm	功率因数	效率/%
					外径/mm	内径/mm								
JTD-430	24 6	 6.4	— 21.5	Y 3Y	430	305	100	72/113	1—4 1—13	40 40	ϕ1.35 ϕ1.45	0.8	—	—
JTD-430	24 6	 7.5	— 23.7	Y 3Y			125		1—4 1—13	32 32	ϕ1.56 ϕ1.56		—	—
JTD-430	24 6	 11.2	— 35	Y 3Y			165		1 4 1—13	24 24	ϕ1.81 ϕ1.81		—	—

续表

型号	极数	功率/kW	额定电流/A	接法	定子外径/mm	定子内径/mm	铁芯长度/mm	定/转子槽数	节距	每槽导体数	线规/mm	气隙/mm	功率因数	效率/%
JTD-560	24 6	— 15	— 41.1	Y 2Y	560	410	135	72/113	1—4 1—13	22 14	ϕ1.81 2-ϕ1.81	0.8		—
JTD560	24 6	— 19	— 51.3	Y 2Y			150		1—4 1—13	20 12	-2.02 2-ϕ2.02		—	—
JTD-333	24 6	— 6.4	— 18	Y 2Y	340	230	100	72/86	1—10	36	-1.56	0.7	—	—
JTD-333	24 6	— 7.5	— 21	Y 2Y			120			32	-1.62		—	—
JTD-333	24 6	— 11.2	— 30	Y 2Y			175			22	2-ϕ1.40		—	—
JTD-430	24 6	— 15	— 41	Y 2Y	440	305	145	72/113		22	3-ϕ1.62	1	—	—
JTD-430	24 6	— 19	— 48.6	Y 2Y			165			20	3-ϕ1.74	0.8	—	—
YTD225M	24 6	1.5 7.5	22 17	Y 2Y	368	250	120	72/58		28	2-ϕ1.30	0.7	0.34 0.81	30 80
$YTD225M_2$	24 6	2.3 11	32 24.8	Y 2Y			180			20	3-ϕ1.25		0.34 0.81	32 83

注：表内所列各型号电机均为短时工作制。6 极定额 30min，24 极定额 3min。

18.3.3　YD 系列变极多速三相异步电机电磁线代用速查表（表 18-11）

表 18-11　YD 系列变极多速三相异步电机电磁线代用速查表（380V、50Hz）

型号	极数	额定功率/kW	接法	每槽导体数	原绕组主要数据			其他几种可选用导线规格											
								第 1 种				第 2 种				第 3 种			
					并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
YD801-4/2	4 2	0.45 0.55	△ 2Y	260	1	1-0.38	0.1134	2	2-0.27	0.1146	1.06	3	1-0.20 2-0.23	0.1145	0.99				
YD802-4/2	4 2	0.55 0.75	△ 2Y	210	1	1-0.42	0.1385	2	1-0.28 1-0.31	0.1371	−1.01	2	1-0.23 1-0.35	0.1378	−0.54				
YD90S-4/2	4 2	0.85 1.1	△ 2Y	160	1	1-0.47	0.1735	2	2-0.33	0.1710	−1.44	2	1-0.28 1-0.38	0.1750	0.86				
YD90L-4/2	4 2	1.3 1.6	△ 2Y	124	1	1-0.56	0.2463	2	1-0.38 1-0.41	0.2454	−0.37	2	1-0.35 1-0.44	0.2483	0.81				
YD100L1-4/2	4 2	2.0 2.4	△ 2Y	80	1	1-0.71	0.396	2	2-0.50	0.3928	−0.81	2	1-0.47 1-0.53	0.3945	−0.38				
YD100L2-4/2	4 2	2.4 3.0	△ 2Y	68	1	1-0.75	0.442	2	2-0.53	0.442	0	2	1-0.51 1-0.55	0.442	0	2	1-0.50 1-0.56	0.4424	0.09
YD112M-4/2	4 2	3.3 4.0	△ 2Y	56	1	1-0.95	0.71	2	2-0.67	0.706	−0.56	2	1-0.63 1-0.71	0.7076	−0.34	2	1-0.62 1-0.72	0.709	−0.14

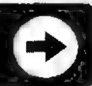
续表

型号	极数	额定功率/kW	接法	每槽导体数	原绕组主要数据			其他几种可选用导线规格											
								第 1 种				第 2 种				第 3 种			
					并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
YD132S-4/2	4	4.5	△	56	1	1 1.18	1.093	2	2-0.83	1.082	1.01	2	1-0.82 1-0.85	1 1.098	0.47	2	1-0.80 1-0.86	1.084	−0.82
	2	5.5	2Y																
YD132M-4/2	4	6.5	△	42	2	2-0.95	1.42	2	1-0.93 1-0.96	1.403	−1.20	2	1 0.90 1-1.00	1.421	0.07	2	1-0.85 1-1.04	1.419	−0.07
	2	8	2Y																
YD160M-4/2	4	9	△	36	2	1-1.18 1-1.12	2.078	2	1-1.04 1-1.25	2.076	−0.10	2	1-0.90 1 1.35	2.067	−0.53	3	2-0.93 1-0.96	2.082	0.19
	2	11	2Y																
YD160L-4/2	4	11	△	30	2	1 1.25 1-1.30	2.554	2	1 1.20 1 1.35	2.562	0.27	2	1-1.18 1-1.35	2.254	−1.17	3	3-1.04	2.547	−0.27
	2	14	2Y																
YD180M-4/2	4	15	△	20	3	3-1.25	3.681	2	1-1.50 1 1.56	3.678	0.08	3	1-1.00 2-1.35	3.647	−0.92	3	2-1.16 1-1.40	3.653	−0.76
	2	18.5	2Y																
YD180L-4/2	4	18.5	△	18	4	3-1.12 1-1.18	4.048	2	1 1.56 1-1.62	3.971	1.90	3	1-1.20 2-1.35	3.993	−1.35	4	2-1.25 2-1.00	4.024	−0.59
	2	22	2Y																
YD90S-6/4	6	0.65	△	146	1	1-0.45	0.1602	2	1-0.31 1-0.33	0.161	0.50	2	1-0.29 1 0.35	0.1623	1.31				
	4	0.85	2Y																
YD90L-6/4	6	0.85	△	116	1	1-0.53	0.221	2	1-0.35 1 0.40	0.222	0.41	2	1-0.33 1-0.42	0.224	1.35				
	4	1.1	2Y																
YD100L1-6/4	6	1.3	△	102	1	1-0.63	0.3116	2	1-0.42 1-0.47	0.312	0.13	2	1 0.44 1-0.45	0.3123	0.22				
	4	1.8	2Y																
YD100L2-6/4	6	1.5	△	88	1	1 0.67	0.353	2	1-0.41 1 0.53	0.353	0	2	1-0.44 1-0.51	0.3561	0.88				
	4	2.2	2Y																
YD112M-6/4	6	2.2	△	76	1	1-0.80	0.503	2	1-0.51 1-0.62	0.506	0.60	2	1-0.53 1-0.60	0.504	0.20	2	1-0.55 1-0.59	0.511	1.60
	4	2.8	2Y																
YD132S-6/4	6	3	△	66	1	1-0.95	0.71	2	2-0.67	0.706	−0.56	2	1-0.63 1 0.71	0.7076	−0.34	2	1-0.62 1-0.72	0.709	−1.41
	4	4	2Y																
YD132M-6/4	6	4	△	48	2	2 0.80	1.006	2	1-0.77 1 0.83	1.007	0.10	2	1-0.74 1-0.85	1.00	−0.60	2	1-0.74 1-0.86	1.011	0.50
	4	5.5	2Y																
YD160M-6/4	6	6.5	△	46	2	1-1.00 1 1.06	1.668	1	1-1.45	1.651	−1.02	2	1-0.85 1-1.18	1.663	−0.3	3	2-0.83 1-0.86	1.663	−0.30
	4	8	2Y																
YD160L-6/4	6	9	△	34	2	2-1.18	2.186	2	1-1.16 1-1.20	2.188	0.09	2	1-1.04 1-1.30	2.176	0.46	2	1-1.12 1-1.25	2.212	1.19
	4	11	2Y																
YD180M-6/4	6	11	△	30	4	3-0.95 1-0.90	2.766	3	1 1.0 2 1.12	2.755	−0.40	3	2-0.95 1-1.30	2.747	−0.69	3	2-1.00 1-1.25	2.797	1.12
	4	14	2Y																
YD180L-6/4	6	13	△	26	3	2-1.18 1 1.12	3.171	3	3 1.16	3.171	0	3	1-1.08 2-1.20	3.178	0.22	4	3-0.96 1-1.12	3.157	−0.44
	4	16	2Y																

续表

型号	极数	额定功率/kW	接法	每槽导体数	原绕组主要数据			其他几种可选用导线规格											
								第 1 种				第 2 种				第 3 种			
					并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
YD90L-8/4	8 4	0.45 0.75	△ 2Y	168	1	1-0.42	0.1385	2	1-0.28 1-0.31	0.1371	−1.01	2	1-0.23 1-0.35	0.1378	−0.54				
YD100L-8/4	8 4	0.85 1.5	△ 2Y	114	1	1-0.56	0.2463	2	1-0.38 1-0.41	0.2454	−0.37	2	1-0.35 1-0.44	0.2483	0.81				
YD112M-8/4	8 4	1.5 2.4	△ 2Y	94	1	1-0.71	0.396	2	2-0.50	0.3928	−0.81	2	1-0.47 1-0.53	0.3945	−0.38				
YD132S-8/4	8 4	2.2 3.3	△ 2Y	84	1	1-0.85	0.57	2	2-0.60	0.566	−0.70	2	1-0.56 1-0.64	0.568	0.35	2	1-0.53 1-0.67	0.574	0.70
YD132M-8/4	8 4	3 4.5	△ 2Y	60	2	1-0.67 1-0.71	0.749	2	2-0.69	0.748	0.13	2	1-0.64 1-0.74	0.752	0.40	2	1-0.62 1-0.75	0.744	−0.67
YD160M 8/4	8 4	5 7.5	△ 2Y	54	2	1-0.90 1-1.00	1.421	2	2-0.95	1.42	0.07	2	1-0.85 1-1.04	1.419	−0.41	2	1-0.83 1-1.06	1.424	0.21
YD160L-8/4	8 4	7 11	△ 2Y	40	2	2-1.12	1.97	2	1-1.08 1-1.16	1.973	0.15	2	1-1.06 1-1.18	1.976	0.30	2	1-1.04 1-1.20	1.980	0.51
YD180L-8/4	8 4	11 17	△ 2Y	22	2	2-1.30	2.654	2	1-1.25 1-1.35	2.658	0.15	2	1-1.20 1-1.40	2.67	0.60	3	3-1.06	2.649	0.19
YD90S-8/6	8 6	0.35 0.45	△ 2Y	208	1	1-0.40	0.1257	2	1-0.25 1-0.31	0.1246	−0.88	2	1-0.23 1-0.33	0.1271	1.07				
YD90L-8/6	8 6	0.45 0.65	△ 2Y	170	1	1-0.45	0.1602	2	1-0.31 1-0.33	0.161	0.50	2	1-0.29 1-0.35	0.1623	1.31				
YD100L-8/6	8 6	0.75 1.1	△ 2Y	116	1	1-0.53	0.221	2	1-0.35 1-0.40	0.222	0.41	2	1-0.33 1-0.42	0.224	1.35				
YD112M-8/6	8 6	1.3 1.8	△ 2Y	98	1	1-0.67	0.353	2	1-0.41 1-0.53	0.353	0	2	1-0.44 1-0.51	0.3561	0.88				
YD132S-8/6	8 6	1.8 2.4	△ 2Y	94	2	1-0.53 1-0.56	0.467	2	1-0.50 1-0.59	0.4694	0.51	2	1-0.51 1-0.57	0.459	1.71	1	1-0.77	0.466	−0.21
YD132M-8/6	8 6	2.6 3.7	△ 2Y	62	2	1-0.67 1-0.71	0.749	2	2-0.69	0.748	−0.13	2	1-0.64 1-0.74	0.752	0.40	2	1-0.62 1-0.75	0.744	−0.67
YD160M-8/6	8 6	4.5 6	△ 2Y	56	2	2-0.95	1.42	2	1-0.93 1-0.96	1.403	−1.20	2	1 0.90 1 1.00	1.421	0.07	2	1-0.85 1-1.04	1.419	0.07
YD160L-8/6	8 6	6 8	△ 2Y	42	3	3-0.90	1.908	2	1-1.08 1-1.12	1.901	0.37	2	1-1.04 1-1.16	1.906	0.10	2	1-1.00 1-1.20	1.916	0.42
YD180M-8/6	8 6	7.5 10	△ 2Y	36	3	1-0.95 2-1.0	2.28	2	1-1.16 1-1.25	2.284	0.18	2	1-1.04 1-1.35	2.28	0	3	2-0.93 1-1.08	2.274	−0.26
YD180L-8/6	8 6	9 12	△ 2Y	32	2	1-1.25 1-1.30	2.554	2	1-1.20 1-1.35	2.562	0.27	2	1-1.18 1 1.35	2.254	−1.17	3	3-1.04	2.547	−0.27
YD160L-12/6	12 6	2.6 5	△ 2Y	74	2	1-0.8 1-0.85	1.073	2	2-0.83	1.082	0.84	2	1-0.74 1-0.90	1.066	−0.65	2	1-0.80 1-0.86	1.084	1.03
YD160L-12/6	12 6	3.7 7	△ 2Y	52	1	1-1.4	1.539	2	1-0.93 1-1.04	1.528	−0.71	2	1-0.90 1-1.08	1.552	0.84	2	1-0.83 1-1.12	1.526	0.84
YD180L-12/6	12 6	5.5 10	△ 2Y	32	2	1-1.06 1-1.12	1.868	2	1-1.00 1-1.16	1.878	0.54	2	1-0.90 1-1.25	1.863	−0.27	3	1-0.86 2-0.90	1.853	−0.80

18.4 起重及冶金用三相异步电机技术数据



18.4.1 YZ系列起重及冶金用三相异步电机技术性能数据（表18-12）

表18-12 YZ系列起重及冶金用三相异步电机技术性能数据

型号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	空载电流/A	最大转矩倍数	堵转转矩倍数	堵转电流倍数	效率η/%	功率因数cosφ	绝缘等级	温升限值/K
1000r/min(同步转速)											
YZ-112M	1.5	4.25	920	2.6	2.7	2.44	4.47	69.5	0.77	F/H	95/100
YZ-132M1	2.2	5.90	935	3.2	2.9	3.1	5.16	74.5	0.75		
YZ-132M2	3.7	8.80	912	4.6	2.8	3.0	5.54	79.5	0.79		
YZ-160M1	5.5	12.5	933	6.5	2.7	2.5	4.90	80.6	0.83		
YZ-160M2	7.5	15.9	948	10	2.9	2.4	5.52	83	0.86		
YZ-160L	11	24.6	953	12	2.9	2.7	6.17	84	0.85		
750r/min(同步转速)											
YZ-160L	7.5	18	705	12	2.7	2.5	5.10	82.4	0.77	F/H	95/100
YZ-180L	11	25.8	694	13	2.5	2.6	4.90	80.9	0.81		
YZ-200L	15	33.1	710	17.5	2.8	2.7	6.10	86.2	0.80		
YZ-225M	22	45.8	712	24.7	2.9	2.9	6.20	87.5	0.83		
YZ-250M1	30	63.3	694	31.5	2.54	2.7	5.17	85.7	0.84		

18.4.2 YZ系列起重及冶金用三相异步电机铁芯及绕组数据（表18-13）

表18-13 YZ系列起重及冶金用三相异步电机铁芯及绕组数据

型号	额定功率/kW	定子外径/mm	定子内径/mm	转子内径/mm	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定子槽数	转子槽数	定子绕组 绕组形式	接法路数	节距	线规/(根-mm)	每槽线数	槽满率	用铜量/kg	定子线模 A	B	F	T
YZ-112M-6	1.5	182	127	55	100	0.35	45	36	双层	Y	7	1-ϕ0.80	42	0.76	1.90	69	132	177	6.7
YZ-132M1-6	2.2	210	148	60	110	0.40	45	36	双	Y	7	1-ϕ1.00	34	0.73	2.62	80	145	192	6
YZ-132M2-6	3.7	210	148	60	160	0.40	45	36	双	Y	7	2-ϕ0.85	24	0.75	3.25	80	195	242	6
YZ-160M1-6	5.5	245	182	70	115	0.45	54	36	双	2Y	8	1-ϕ1.00	40	0.75	4.10	93	155	210	6
YZ-160M2-6	7.5	245	182	70	150	0.45	54	36	双	2Y	8	1-ϕ1.18	30	0.76	4.80	93	190	245	5.5
YZ-160L-8	7.5	245	182	70	210	0.45	54	36	双	Y	6	3-ϕ1.00	14	0.76	5.40	70	250	289	5
YZ-160L-6	11	245	182	70	210	0.45	54	36	双	2Y	8	2-ϕ0.95	22	0.76	5.52	93	250	345	6.5
YZ-180L-8	11	280	210	80	200	0.50	60	48	双	2Y	7	2-ϕ1.06	24	0.76	8.30	85	240	295	7.3
YZ-200L-8	15	327	245	130	195	0.55	60	48	双	2Y	7	3-ϕ1.12	20	0.73	11.80	99	240	300	7.7
YZ-225M-8	22	327	245	130	245	0.55	60	48	双	2Y	6	3-ϕ1.30	16	0.76	14.0	85	290	340	8.8
YZ-250M1-8	30	368	280	150	270	0.60	60	48	双	4Y	7	2-ϕ1.15	24	0.75	14.6	111.5	315	375	11.2

18.4.3 YZR 系列起重及冶金用三相异步电机技术性能数据（表 18-14）

表 18-14　YZR 系列起重及冶金用三相异步电机技术性能数据

型　　号	额定功率/kW	定子电流/A	转子电流/A	额定转速/(r/min)	空载电流/A	效率η/%	功率因数cosφ	最大转矩倍数	绝缘等级	温升限值/K
1000r/min(同步转速)									F/H	95/100
YZR-112M	1.5	4.6	12.5	866	3.37	62.9	0.79	2.2		
YZR-132M1	2.2	6.1	12.6	908	4.08	72.5	0.76	2.9		
YZR-132M2	3.7	9.2	14.5	908	5.58	77	0.80	3.5		
YZR-160M1	5.5	15	25.7	930	7.95	75.7	0.74	2.6		
YZR-160M2	7.5	18	26.5	940	11.2	79.4	0.80	2.8		
YZR-160L	11.0	24.9	27.6	945	13	83.7	0.82	2.5		
YZR-180L	15	33.8	46.5	962	18.8	85.7	0.81	3.2		
YZR-200L	22	49.7	72.6	960	28.8	86	0.78	3.3		
YZR-225M	30	62	74.4	962	29.9	88.3	0.83	3.3		
YZR-250M1	37	70.5	91.5	960	26.5	89.2	0.89	3.1		
YZR-250M2	45	84.5	95.0	965	28.2	90.6	0.89	3.5		
YZR-280S	55	101.5	119.8	969	34	91	0.90	3.0		
YZR-280M	75	143.3	129.1	968	52.6	90	0.88	3.3		
750r/min(同步转速)									F/H	95/100
YZR-160L	7.5	19.1	23	705	12.7	79.8	0.75	2.7		
YZR-180L	11	27	44	700	14.8	81	0.77	2.7		
YZR-200L	15	33.5	53.5	712	17.7	86.2	0.79	2.9		
YZR-225M	22	46.9	59.1	715	24.2	87.4	0.82	2.9		
YZR-250M1	30	63.4	68.8	720	31.4	87.8	0.82	2.6		
YZR-250M2	37	78	70	720	36.9	89	0.83	2.7		
YZR-280S	45	97.6	95.7	720	50.8	86	0.80	3.0		
YZR-280M	55	110.5	92.5	725	52.3	89.5	0.84	2.8		
YZR-315S	75	134	159	727	62	89.5	0.87	2.7		
YZR-315M	96	172	160.9	720	57.7	90.2	0.88	3.1		
600r/min(同步转速)										
YZR-280S	37	84.8	153.2	572	44.2	87	0.76	2.8		
YZR-280M	45	103.8	165	560	63.6	85.6	0.78	3.2		
YZR-315S	55	118.3	138.7	580	62.5	89.3	0.79	3.1		
YZR-315M	75	160	149.3	579	85.3	89.7	0.79	3.4		
YZR-355M	90	180	166.6	589	83	92.1	0.83	3.3		
YZR-355L1	110	217	172	582	90	92.2	0.84	3.1		
YZR-355L2	132	262	167.5	588	126	92.4	0.82	3.5		

18.4.4 YZR 系列起重及冶金用三相异步电机铁芯及绕组数据（表 18-15、表 18-16）

表 18-15　YZR 系列起重及冶金用三相异步电机的铁芯数据

机座号	功率/kW	定子外径/mm	定子内径/mm	转子内径/mm	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定子槽数	转子槽数	定子绕组						
									绕组形式	接法路数	节距	线规/根-mm	每槽线数	槽满率	用铜量/kg
112M-6	1.5	182	127	55	100	0.35	45	36	双层	Y	7	1-ϕ0.8	42	0.76	1.90
132M1-6	2.2	210	148	60	110	0.40	45	36	双	Y	7	1-ϕ1.0	34	0.73	2.62
132M2-6	3.7	210	148	60	160	0.40	45	36	双	Y	7	2-ϕ0.85	24	0.75	3.25
160M1-6	5.5	245	182	70	115	0.45	54	36	双	2Y	8	1-ϕ1.0	40	0.75	4.10
160M2-6	7.5	245	182	70	150	0.45	54	36	双	2Y	8	1-ϕ1.18	30	0.76	4.80
160L-8	7.5	245	182	70	210	0.45	54	36	双	Y	6	3-ϕ1.0	14	0.76	5.40
160L-6	11	245	182	70	210	0.45	54	36	双	2Y	8	2-ϕ0.95	22	0.76	5.52

续表

机座号	功率/kW	定子外径/mm	定子内径/mm	转子内径/mm	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定子槽数	转子槽数	定子绕组						
									绕组形式	接法路数	节距	线规/根-mm	每槽线数	槽满率	用铜量/kg
180L-8	11	280	210	80	200	0.50	60	48	双	2Y	7	2-ϕ1.06	24	0.76	8.30
180L-6	15	280	210	80	200	0.50	54	36	双	3Y	8	2-ϕ0.9	28	0.76	6.70
200L-8	15	327	245	130	195	0.55	60	48	双	2Y	7	3-ϕ1.12	20	0.73	11.80
200L-6	22	327	245	130	195	0.55	54	36	双	3Y	8	2-ϕ1.25	24	0.75	11.54
225M-8	22	327	245	130	245	0.55	60	48	双	2Y	6	3-ϕ1.3	16	0.76	14.0
225M-6	30	327	245	130	245	0.55	54	36	双	3Y	7	2-ϕ1.4	20	0.77	13.1
250M1-8	30	368	280	150	270	0.60	60	48	双	4Y	7	2-ϕ1.25	24	0.75	14.6
250M2-6	37	368	280	150	270	0.60	72	54	双	3Y	10	3 ϕ1.3	14	0.74	18.0
250M2-8	37	368	280	150	340	0.60	60	48	双	4Y	6	3-ϕ1.12	20	0.77	16.4
250M2 6	45	368	280	150	340	0.60	72	54	双	3Y	10	3-ϕ1.4	12	0.72	20.5
280S-6	55	423	310	180	285	0.75	72	54	双	6Y	11	2-ϕ1.18 1-ϕ1.12	24	0.76	27.0
280S-8	45	423	310	180	285	0.75	72	48	双	4Y	8	2-ϕ1.3 1-ϕ1.4	18	0.73	24
280S-10	37	423	340	180	310	0.75	60	75	双	5Y	5	3-ϕ1.12	30	0.75	24
280M-6	75	423	310	180	360	0.75	72	54	双	6Y	11	3-ϕ1.18 1-ϕ1.12	18	0.76	31
280M-8	55	423	310	180	360	0.75	72	48	双	8Y	7	2-ϕ1.25	30	0.72	26.5
280M-10	45	423	340	180	355	0.75	60	75	双	5Y	5	2-ϕ1.25 1-ϕ1.18	26	0.77	27.2
315S-8	75	493	400	255	340	0.80	72	96	双	8Y	8	3-ϕ1.18	26	0.77	33.5
315S-10	55	493	400	255	340	0.80	75	90	双	5Y	7	3-ϕ1.25	18	0.73	25.5
315M-8	90	493	400	255	430	0.80	72	96	双	8Y	8	3-ϕ1.25	22	0.73	36.5
315M-10	75	493	400	255	430	0.80	75	90	双	5Y	7	4 ϕ1.25	14	0.75	31
355M-10	90	560	460	255	380	1.00	90	105	双	10Y	8	3-ϕ1.18	26	0.76	43.3
355L1-10	110	560	460	255	455	1.00	90	105	双	10Y	8	3-ϕ1.3	22	0.77	50
355L2-10	132	560	460	255	540	1.00	90	105	双	10Y	8	3-ϕ1.4	18	0.72	53.4

表 18-16　YZR 系列起重及冶金用三相异步电机绕组数据

机座号	定子线模/mm				转子绕组							转子线模/mm		
	(F, B, R5, R15, A, T)				绕组形式	接法路数	节距	线规/(根-mm)	每槽线数	槽满率	用铜量/kg	(F, R15, A, T)		
	A	B	F	T								A	F	T
112M-6	69	132	177	6.7	单层	Y	5	2-ϕ0.95	14	0.73	1.4	47.4	163	6.7
132M1-6	80	145	192	6.0	单	Y	5	2-ϕ1.12	15	0.72	2.16	55.5	175	7.5
132M2-6	80	195	242	6.0	单	Y	5	2-ϕ1.12	15	0.72	2.7	55.5	225	7.7
160M1-6	93	155	210	6.0	单	2Y	5	3-ϕ1.00	22	0.76	4.0	68.0	183	10.3
160M2-6	93	190	245	5.5	单	2Y	5	3-ϕ1.00	22	0.76	4.6	68.0	218	10.3
160L-8	70	250	289	5.0	双	2Y	4	2-ϕ1.18	24	0.77	5.3	54.0	282	10.5
160L-6	93	250	305	6.5	单	2Y	5	3-ϕ1.00	22	0.76	5.6	68.0	278	10.3
180L-8	85	240	295	7.3	单	2Y	5	3-ϕ1.25	14	0.72	7.4	60.0	272	12.5
180L-6	100	240	300	6.2	单	2Y	5	3-ϕ1.30	16	0.73	7.3	80.0	287	13.0
200L-8	99	240	300	7.7	单	2Y	5	4-ϕ1.30	12	0.74	9.63	70.0	280	11.6
200L-6	124	240	315	5.7	单	3Y	5	4-ϕ1.25	19	0.73	11.73	92.0	285	11.2

续表

机座号	定子线模/mm (F, B, R15, R5, A, T)				转子绕组							转子线模/mm (F, R15, A, T)		
	A	B	F	T	绕组形式	接法路数	节距	线规/(根-mm)	每槽线数	槽满率	用铜量/kg	A	F	T
225M-8	85	290	340	8.8	单	2Y	5	4-ϕ1.30	12	0.74	11.10	70	330	11.6
225M-6	109	290	355	6.3	单	3Y	5	4-ϕ1.25	19	0.73	13	92	335	11.2
250M1-8	111.5	315	375	11.2	单	4Y	5	2-ϕ1.40	22	0.72	12.9	80	355	12.5
250M1-6	132.5	315	405	8.8	单	3Y	7×1 8×2	4-ϕ1.40	12	0.71	17.2	99×1 113.5×2	365	12.5
250M2-8	95.5	385	436	7.7	单	4Y	5	2-ϕ1.40	22	0.72	15	80	425	12.5
250M2-6	132.5	385	475	9.4	单	3Y	7×1 8×2	4-ϕ1.40	12	0.71	19.8	99×1 113.5×2	435	12.5
280S-6	163	335	433	8.0	双	6Y	8	3-ϕ1.30	24	0.76	23	125	398	8.8
280S-8	119	335	405	9.0	单	4Y	5	2-ϕ1.30 1-ϕ1.40	22	0.74	19	90	398	13.2
280S-10	96	365	430	7.9	双	Y	7	2.8×12.5	2		25.2			
280M-6	163	410	508	10.5	双	6Y	8	3-ϕ1.30	24	0.76	27	125	473	8.8
280M-8	104	410	472	8.5	单	4Y	5	2-ϕ1.30 1-ϕ1.40	20	0.74	20	90	468	13.2
280M-10	96	410	475	8.6	双	Y	7	2.8×12.5	2		27.3			
315S-8	149	400	500	8.5	双	Y	12	2.36×16	2		39.6			
315S-10	125	400	474	8.5	双	Y	9	2.36×16	2		35.3			
315M-8	149	490	590	8.5	双	Y	12	2.36×16	2		45.2			
315M-10	125	490	564	6.0	双	Y	9	2.36×16	2		39.5			
355M-10	136	440	530	8.5	双	Y	11	3.15×16	2		51.8			
355L1-10	136	515	605	9.0	双	Y	11	3.15×16	2		58			
355L2-10	136	600	690	9.6	双	Y	11	3.15×16	2		64			

18.4.5 ZD、ZDY 系列锥形转子起重用三相异步电机铁芯、绕组技术数据（表 18-17）

表 18-17　ZD、ZDY 系列锥形转子起重用三相异步电机铁芯、绕组技术数据（380V）

型号	额定参数				空载电流/A	定子铁芯				槽数	定子绕组					
	功率/kW	电流/A	效率/%	功率因数		外径	内圆中径	长度	气隙		极数	形式	节距	接法	每槽线数	线规/mm
						/mm				Z_1/Z_2						
ZDY11-4	0.2	0.7	65	0.67	0.55	120	70	40	0.25	24/22	4	单链	1—6	1Y	215	ϕ0.38
ZDY12-4	0.4	1.3	67	0.70	0.75			60							145	ϕ0.47
ZDY21-4 ZD21-4	0.8	2.2	73	0.75	1.45	167	98	62	0.35						95	ϕ0.67
ZD22-4	1.5	4	74	0.76	2.28	167	98	100	0.35						60	ϕ0.85
ZD31-4	3	7	80	0.81	3.6	210	128	86	0.45	36/30	4	单交叉	2(1 9)	1Y	34	ϕ1.18
ZD32-4	4.5	10	82	0.83	5.2			112					1(1—8)		26	2-ϕ0.95
ZD41-4	7.5	16.5	82	0.84	7.5	245	155	130	0.5			双叠	1 -8		20	2-ϕ1.15
ZD51-4	13	28	83	0.85	10.5	280	175	165	0.55					2Y	28	2-ϕ1.12

注：电机定额为断续工作制，额定持续率为 $FC=25\%$（周期为 1min）。

18.5　YH系列高转差率三相异步电机技术数据（表18-18）



表18-18　YH系列高转差率三相异步电机技术数据（380V、50Hz）

型号	额定功率/kW	接法	满载时						定子铁芯		铁芯长度/mm	定/转子槽数 Z_1/Z_2	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	在各种负载持续率下的输出功率/kW					转动惯量/kg·m²	质量/kg
			负载持续率/%	转差率/%	转速/(r/min)	电流/A	效率/%	功率因数	外径/mm	内径/mm						15%	25%	40%	60%	100%		
YH801-2	0.75	Y	60	11	2670	1.87	71	0.86	120	67	65	18/16	5.5	2.7	2.7	1.0	0.9	0.8	0.75	0.65	0.00075	16
YH802-2	1.1					2.63	73	0.87			80					1.5	1.3	1.2	1.1	1.0	0.00090	17
YH90S-2	1.5		40			3.67		0.85	130	72	85					1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	0.0012	22
YH90L-2	2.2					5.15	75.5	0.86			110					2.7	2.4	2.2	2.0	1.8	0.0014	25
YH100L-2	3.0	Y	40	10	2700	6.89	76	0.87	155	84	100	24/20	5.5	2.7	2.7	3.8	3.3	3.0	2.7	2.4	0.0029	33
YH112M-2	4.0	△		9	2730	8.81	77.5	0.89	175	98	105	30/26				5.0	4.4	40	3.6	3.2	0.0055	45
YH132S1-2	5.5					11.9	78	0.90	210	116						7.0	6.0	5.5	5.0	4.4	0.0109	64
YH132S2-2	7.5		25			15.9	78.5	0.91			125					8.5	7.5	6.7	6.0	5.3	0.0126	70
YH160M1-2	11	△	25	8	2760	22.9	81	0.90	260	150	125	30/26	5.5	2.7	2.7	12.5	11	9.8	8.8	7.8	0.0377	114
YH160M2-2	15					30.5	82	0.91			155					17	15	13.5	21	10.6	0.0449	125
YH160L-2	18.5					37.4	82.5				195					21	18.5	16.5	14.5	13	0.0550	147
YH801-4	0.55	Y	60	13	1305	1.65	66.5	0.76	120	75	65	24/22				0.75	0.65	0.6	0.55	0.48	0.018	17
YH802-4	0.75					2.18	68	0.77			80	24/22	5.5	2.7	2.7	1.0	0.9	0.8	0.57	0.66	0.0021	18
YH90S-4	1.1					2.98	70	0.80	130	80	90					1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	0.0021	22
YH90L-4	1.5					3.96	72				120					2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	0.0027	27
YH100L1-4	2.2		40			5.52	73	0.83	155	98	105	36/32				2.8	2.5	2.2	2.0	1.8	0.0054	34
YH100L2-4	3.0					7.42	74				135					3.8	3.3	3.0	2.7	2.4	0.0067	38

续表

型号	额定功率/kW	接法	满载时 负载持续率/%	满载时 转差率/%	满载时 转速/(r/min)	满载时 电流/A	满载时 效率/%	满载时 功率因数	定子铁芯 外径/mm	定子铁芯 内径/mm	铁芯长度/mm	定/转子槽数 Z_1/Z_2	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	在各种负载持续率下的输出功率/kW 15%	25%	40%	60%	100%	转动惯量/kg·m²	质量/kg
YH112M-4	4.0	△	40	11	1335	9.51	77	0.83	175	111	130	36/32	5.5	2.7	2.7	5.0	4.5	4.0	3.6	3.2	0.0095	43
YH132S-4	5.5			10	1350	12.5	77.5	0.86	210	136	115					7.0	6.0	5.5	5.0	4.3	0.0214	68
YH132M-4	7.5					16.8	78	0.87			160					9.5	8.4	7.5	6.6	6.0	0.0296	81
YH160M-4	11	△	25	9	1365	24.3	80	0.86	260	170	155	36/26	5.5	2.6	2.7	12.5	11	9.8	8.8	7.6	0.0747	123
YH160L-4	15			8	1380	32.3	82				195					16	15	13	11.5	10	0.0918	144
YH90S-6	0.75	Y	60	13	870	2.48	66.5	0.69	130	86	100	36/33	5.0	2.7	2.7	1.0	0.9	0.8	0.75	0.6	0.0029	23
YH90L-6	1.1					3.46	67	0.72			120					1.5	1.3	1.2	1.1	0.9	0.0035	25
YH100L-6	1.5	Y	40	12	880	4.28	70	0.76	155	106	100	36/33	5.0	2.7	2.7	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	0.0069	33
YH112M-6	2.2					6.0	73		175	120	110					2.7	2.4	2.2	1.9	1.7	0.0138	45
YH132S-6	3.0			10	900	7.69	76	0.78	210	148						3.7	3.2	3.0	2.6	2.3	0.0286	63
YH132M1-6	4.0	△				10	77	0.79			140					5.0	4.3	4.0	3.5	3.0	0.0357	73
YH132M2-6	5.5					13.6	78				180					6.5	6.0	5.5	4.5	4.0	0.0449	84
YH160M-6	7.5	△	25	11	890	17.8	79	0.81	260	180	145	36/33	5.0	2.5	2.5	8.5	7.5	7.0	6.0	5.0	0.0881	119
YH160L-6	11					25.8	80				195					12.5	11	10	8.5	7.5	0.0116	147
YH132S-8	2.2	Y	60	12	660	6.27	73	0.73	210	148	110	48/44	4.5	2.6	2.6	3.2	2.8	2.7	2.2	1.9	0.0314	63
YH132M-8	3.0					8.21	74	0.75			140					4.4	3.8	3.7	3.0	2.6	0.0395	79
YH160M1-8	4.0	△		11	667	10.5	77	0.75	260	180	110			2.4	2.4	6.0	5.1	5.0	4.0	3.4	0.0753	118
YH160M2-8	5.5					13.9	78	0.77			140					8.1	7.1	6.5	5.5	4.7	0.0931	119
YH160L-8	7.5					18.5	79	0.78			195					10.1	8.7	8.5	7.5	6.5	0.126	145

18.6　YX系列高效率三相异步电机技术数据（表18-19）

表18-19　YX系列高效率三相异步电机技术数据（380V、50Hz）

型号	额定功率/kW	额定电流/A	定子铁芯外径/mm	定子铁芯内径/mm	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定/转子槽数 Z_1/Z_2	绕组形式	并联支路数与接法	节距	每槽导体数	线规/根-mm	转速/(r/min)	效率/% 输出功率/额定功率/% 100	75	50	功率因数	堵转转矩/额定转矩/倍	堵转电流/额定电流/倍	最大转矩/额定转矩/倍	质量/kg
YX100L-2	3	5.9	155	84	115	0.4	24/20	单层同心式	1Y	1—12 2—11	38	2-0.85	2880	86.5	86.8	86.3	0.89	2.0	8.0	2.2	36
YX112M-2	4	7.7	175	98	130	0.45	36/28		1△	1—18 2—17 3—16	37	1-1.18	2910	88.3	88.6	88	0.89	2.0	8.0	2.2	48
YX132S1-2	5.5	10.6	210	116	110	0.55	36/28				34	1-1.0 1-1.06	2920	88.6	89	88.2	0.89	1.8	8.0	2.2	70
YX132S2-2	7.5	14.3	210	116	145	0.55	36/28				26	2-1.18	2920	89.7	90.2	89.4	0.89	1.8	8.0	2.2	75
YX160M1-2	11	20.9	260	150	150	0.65	36/28				20	3-1.25	2950	90.8	91.2	90.4	0.88	1.8	8.0	2.2	135
YX160M2-2	15	27.8	260	150	190	0.65	36/28				16	2-1.18 2-1.25	2950	92	92.4	91.6	0.89	1.8	8.0	2.2	146
YX160L-2	18.5	34.3	260	150	215	0.65	36/28				14	4-1.3	2950	92	92.4	91.7	0.89	1.8	8.0	2.2	157
YX180M-2	22	40.1	290	160	205	0.8	36/28	双层叠式	2△	1—14	28	2-1.25 1-1.18	2950	92.5	92.5	92.1	0.90	1.8	8.0	2.2	195
YX200L1-2	30	54.5	327	182	200	1.0	36/28				28	3-1.4	2960	93	93	92.7	0.90	1.8	7.5	2.2	258
YX200L2-2	37	67	327	182	235	1.0	36/28				24	4-1.3	2950	93.2	93.4	93	0.90	1.8	7.5	2.2	275
YX225M-2	45	80.8	368	210	220	1.1	36/28				20	5-1.4	2970	94	94	93.5	0.90	1.8	7.5	2.2	332
YX250M-2	55	99.7	400	225	240	1.2	42/34			1—17	14	5-1.5 1-1.6	2980	94.2	94.2	93.6	0.89	1.8	7.5	2.2	472
YX280S-2	75	135.8	445	255	245	1.5	42/34			1—16	14	9-1.5	2970	94.2	94.4	93.7	0.89	1.8	7.5	2.2	565
YX280M-2	90	162.6	445	255	275	1.5	42/34				12	6-1.5 4-1.6	2980	94.5	94.6	94	0.89	1.8	7.5	2.2	60.
YX100L1-4	2.2	4.7	155	98	135	0.3	36/32	单层交叉式	1Y	2(1—9) 1(1—8)	35	1-1.18	1440	86.3	87	86.5	0.82	2.0	8.0	2.2	36
YX100L2-4	3	6.4	155	98	160	0.3	36/32				29	1-1.30	1440	86.5	87.2	86.6	0.82	2.0	8.0	2.2	41
YX112M-4	4	8.3	175	110	160	0.3	36/32		1△		46	1-1.25	1460	88.3	89	88.5	0.83	2.0	8.0	2.2	52
YX132S-4	5.5	11.2	210	136	145	0.4	36/32				40	1-0.9 1-0.85	1460	89.5	90.2	89.5	0.83	2.0	8.0	2.2	75
YX132M-4	7.5	14.8	210	136	180	0.4	36/32	单层链式			32	2-1.18	1460	90.3	90.7	90.3	0.85	2.0	8.0	2.2	82
YX160M-4	11	20.9	260	170	175	0.5	48/44			1—11	20	2-1.18 1-1.25	1470	91.8	92	91.6	0.87	2.0	8.0	2.2	133
YX160L-4	15	28.5	260	170	215	0.5	48/44				16	1-1.12 3-1.18	1470	91.8	92.2	91.7	0.87	2.0	8.0	2.2	157

续表

型号	额定功率/kW	额定电流/A	定子铁芯 外径	定子铁芯 内径	铁芯长度/mm	气隙长度/mm	定/转子槽数 Z_1/Z_2	绕组形式	并联支路数与接法	节距	每槽导体数	线规/根-mm	转速/(r/min)	效率/% 输出功率/额定功率/% 100	75	50	功率因数	堵转转矩/额定转矩/倍	堵转电流/额定电流/倍	最大转矩/额定转矩/倍	质量/kg
			/mm																		
YX180M-4	18.5	35.2	290	187	220	0.55	48/44	双层叠式	4△	1—11	60	2-0.95	1480	93	93.2	92.8	0.86	1.8	7.5	2.2	190
YX180L-4	22	41.7	290	187	250	0.55	48/44				52	1-1.06 1-0.95	1480	93.2	93.5	93	0.86	1.8	7.5	2.2	205
YX200L-4	30	56	327	210	250	0.65	48/44		2△		26	3-1.40	1480	93.5	93.8	93.5	0.87	1.8	7.5	2.2	274
YX225S-4	37	68.9	368	245	235	0.7	48/44		4△	1—12	42	1 1.30 1-1.50	1490	93.8	94.2	93.7	0.87	1.8	7.5	2.2	324
YX225M-4	45	83.5	368	245	260	0.7	48/44				38	2-1.50	1480	94.1	94.5	94	0.87	1.8	7.5	2.2	349
YX250M-4	55	100.2	400	260	260	0.8	48/44				34	2-1.40 1-1.30	1480	94.5	94.8	94.2	0.88	1.8	7.5	2.2	447
YX280S-4	75	136.7	445	300	290	0.9	60/50			1—14	24	4-1.30 1-1.40	1490	94.7	95	94.6	0.88	1.8	7.5	2.2	605
YX280M-4	90	161.7	445	300	345	0.9	60/50				30	2-1.40 3-1.50	1490	95	95.2	94.8	0.89	1.8	7.5	2.2	670
YX100L 6	1.5	3.8	155	106	115	0.25	36/33	单层链式	1Y	1 6	50	1-0.95	960	82.4	82.8	82	0.72	2.0	7.0	2.0	35
YX112M-6	2.2	5.3	175	120	130	0.3	36/33				41	1-1.18	970	85.3	85.8	84.8	0.74	2.0	7.0	2.0	48
YX132S-6	3	6.9	210	148	125	0.35	36/33				35	1-1.0 1-0.95	980	87.2	87.5	86.8	0.76	2.0	7.0	2.0	70
YX132M1-6	4	9	210	148	150	0.35	36/33		1△		49	2-0.85	970	88	88.4	87.6	0.77	2.0	7.0	2.0	77
YX132M2-6	5.5	12.1	210	148	195	0.35	36/33				38	2-0.95	970	88.5	88.8	88.3	0.78	2.0	7.0	2.0	85
YX160M-6	7.5	16	260	180	165	0.4	54/44			1—9	24	1-1.25 1-1.30	980	90	90.4	89.6	0.79	2.0	7.0	2.0	127
YX160L-6	11	23.4	260	180	220	0.4	54/44				18	2-1.18 1-1.25	980	90.4	91	90.2	0.79	2.0	7.0	2.0	155
YX180L-6	15	30.7	290	205	235	0.45	54/44	双层叠式	3△		48	2-0.95	980	91.7	92.2	91.5	0.81	1.8	7.0	2.0	195
YX200L1-6	18.5	36.9	327	230	215	0.5	72/58		2△	1 12	24	2-1.0 1-1.06	980	91.7	92.2	91.5	0.83	1.8	7.0	2.0	250
YX200L2-6	22	43.2	327	230	225	0.5	72/58				22	2-1.0 1-1.18	980	92.1	92.5	91.8	0.84	1.8	7.0	2.0	270
YX225M-6	30	57.7	368	260	240	0.5	72/58		3△		28	2-1.18 1-1.06	990	93	93.4	92.8	0.85	1.8	7.0	2.0	327
YX250M-6	37	70.8	400	285	235	0.55	72/58				30	3-1.25	990	93.4	93.8	93.2	0.85	1.8	7.0	2.0	441
YX280S-6	45	84	445	325	235	0.65	72/58				24	3-1.18 1-1.25	990	93.6	94	93.4	0.87	1.8	7.0	2.0	540
YX280M-6	55	102.4	445	325	280	0.65	72/58				20	2-1.25 1-1.60	990	93.8	94.2	93.6	0.87	1.8	7.0	2.0	595

18.7 YVP系列变频调速三相异步电机技术数据（表18-20）



表18-20 YVP系列变频调速三相异步电机技术数据

型号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率/%	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	外形尺寸/mm			质量/kg
									长	宽	高	
YVP801-4	0.55	1.8	1420	76	0.68	7	2.2	2.2	380	237.5	175	27
YVP802-4	0.75	2.3	1380	75.1	0.77	6.5	2.2	2.2	380	237.5	175	27
YVP90S-2	1.5	4.3	2900						410	257.5	195	22
YVP90L-2	2.2	4.9	2900						420	257.5	195	25
YVP90S-4	1.1	3	1400	79	0.78	6.5	2.2	2.2	410	257.5	195	22
YVP90L-4	1.5	4.1	1400	79	0.79	6.5	2.2	2.2	440	257.5	195	27
YVP90S-6	0.75	2.5	920						410	257.5	195	23
YVP90L-6	1.1	3.5	920						440	257.5	195	25
YVP100L-2	3	6.2	2900	85	0.87	7	2.2	2.2	490	287.5	245	35
YVP100L1-4	2.2	5.5	1440	84.4	0.79	7.03	3.27	3.42	490	287.5	245	36
YVP100L2-4	3	7.5	1430	82.5	0.81	7	2.2	2.3	490	287.5	245	40
YVP100L-6	1.5	4.4	940						490	287.5	245	38
YVP112M-2	4	8	2900	85.5	0.87	7	2.2	2.3	530	310	265	45
YVP112M-4	4	9.6	1490	85.2	0.85	6.5	2.61	2.61	530	310	265	47
YVP112M-6	2.2	6.1	940	81	0.75	6.5	2.2	2.2	530	310	265	45
YVP132S1-2	5.5	10.9	2920						610	347.5	315	
YVP132S2-2	7.5	14	2920	87	0.9	7	2.2	2.2	610	347.5	315	
YVP132S-4	5.5	12.7	1450	85.5	0.84	7	2.2	2.3	610	347.5	315	72
YVP132M-4	7.5	17	1455	87	0.85	7	2.2	2.3	700	347.5	315	85
YVP132S-6	3	7.9	970						610	347.5	315	67
YVP132M1-6	4	10.3	970						700	347.5	315	76
YVP132M2-6	5.5	13.8	960	83	0.8	7	2	2.2	700	345.5	315	87
YVP132S-8	2.2	6.4	715						610	347.5	315	
YVP132M-8	3	8.5	720						700	347.5	315	83
YVP160M1-2	11	21.5	2940	90.9	0.89	7	2	2.2	730	432.5	385	119
YVP160M2-2	15	29.2	2940	90	0.89	7	2.2	2.2	730	432.5	385	127
YVP160L-2	18.5	38.9	2930						780	432.5	385	149
YVP160M-4	11	24.8	1465	88	0.84	7	2.2	2.3	730	432.5	385	125
YVP160L-4	15	33	1472	88.5	0.85	7	2.2	2.3	780	432.5	385	146
YVP160M-6	7.5	18.7	970	86	0.78	6.5	2	2	730	432.5	385	121
YVP160L-6	11	27	970						780	432.5	385	149
YVP160M1 8	4	10.9	720	84	0.73	6	2	2	730	432.5	385	120
YVP160M2-8	5.5	14.6	720	85	0.74	6	2	2	730	432.5	385	121
YVP160L-8	7.5	19.5	716	86	0.75	5.5	2	2	780	432.5	385	148
YVP180M-2	22	44	2960	90	0.86	7	2.2	2.2	840	475	430	195
YVP180M-4	18.5	37.7	1460						840	475	430	187
YVP180L-4	22	44.5	1470						880	475	430	195
YVP180L-6	15	34.6	970						880	475	430	190
YVP180L-8	11	26.4	730						880	475	430	190
YVP200L-4	30	59.6	1470	90	0.85	6	1.8	1.8	940	525	475	290
YVP200L1-6	18.5	39.6	975	89.8	0.83	6.5	1.8	2	940	525	475	240
YVP200L2-6	22	46.8	975	90.2	0.83	6.5	1.8	2	940	525	475	270
YVP200L-8	15	35.8	720	90	0.85	6	1.8	2	940	525	475	270
YVP225S-4	37	73.2	1480	90	0.85	6	1.8	2	970	582.5	530	314
YVP225M-4	45	88.4	1480	90	0.85	6	1.8	2	1000	582.5	530	345
YVP225M-6	30	62.5	980	90	0.85	6	1.8	1.8	1000	582.5	530	
YVP225S-8	18.5	43.4	730						970	582.5	530	
YVP225M-8	22	50.0	734	90.0	0.78	6	1.8	2.0	1000	582.5	530	
YVP250M-4	55	108.0	1480	90.0	0.85	7	2.0	2.0	1080	642.5	575	465
YVP250M-6	37	75.6	980	90.0	0.85	6	1.8	1.7	1080	642.5	575	415

续表

型号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率/%	功率因数	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	外形尺寸/mm			质量/kg
									长	宽	高	
YVP250M-8	30	66.0	730	90.0	0.82	7	2.2	2.2	1080	642.5	575	410
YVP280S-4	75	147.0	1480	92.7	0.88	7	1.9	2.2	1150	702.5	640	570
YVP280M-4	90	173.0	1480						1200	702.5	640	675
YVP280S-6	45	89.6	988	92.1	0.88	6.5	1.8	2.0	1150	702.5	640	536
YVP280M-6	55	110.0	988	92.5	0.86	6.5	1.8	2.0	1200	702.5	640	
YVP280S-8	37	82.7	735						1150	702.5	640	
YVP280M-8	45	97.8	741	92.3	0.88	7	1.9	2.2	1200	702.5	640	
YVP315S-4	110	211.0	1487						1470	898.5	865	1030
YVP315M1-4	132	252.0	1486	93.8	0.91	5.8	1.98	2.7	1540	898.5	865	1050
YVP315M2-6	110	215.0	990	93.7	0.88	6.48	2.51	2.67	1540	898.5	865	1072

第19章 单相异步电机技术数据

19.1 BO2系列单相电阻启动异步电机铁芯及绕组的技术数据（表19-1）



表 19-1 BO2系列单相电阻启动异步电机铁芯及绕组的技术数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时 电流/A	满载时 转速/(r/min)	满载时 效率/%	满载时 功率因数	定子铁芯 外径/mm	定子铁芯 内径/mm	定子铁芯 长度/mm	气隙长度/mm	定/转子槽数 Z_1/Z_2	主绕组 线规 n-d/根-mm	主绕组 每极匝数	主绕组 平均半匝长/mm	副绕组 线规 n-d/根-mm	副绕组 每极匝数	副绕组 平均半匝长/mm	堵转电流/A	堵转转矩/额定转矩/A	最大转矩/额定转矩
BO2-6312	90	220	1.02	2800	56	0.67	96	50	45	0.25	24/18	1-0.45	436	132	1-0.33	192	132	12	1.5	1.8
BO2-6322	120		1.36		58	0.69			54			1-0.50	357	141	1-0.35	182	140	14	1.4	
BO2-7112	180		1.89		60	0.72	110	58	50			1-0.56	297	148.2	1-0.38	167	148.5	17	1.3	
BO2-7122	250		2.40		64	0.74			62			1 0.63	235	160.2	1-0.40	156	160.6	22	1.1	
BO2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58			1-0.71	206	170.4	1-0.45	136	171.3	30		
BO2-6314	60		1.23	1400	39	0.57	96	58	45		24/30	1-0.42	315	97.3	1-0.31	127	93.5	9	1.7	
BO2-6324	90		1.64		48	0.58			54			1 0.45	270	166.3	1-0.35	117	103	12	1.5	
BO2-7114	120		1.88		50	0.58	110	67	50			1-0.53	224	109.4	1-0.33	124	109.4	14		
BO2-7124	180		2.49		53	0.63			62			1-0.60	183	121.4	1-0.35	102	121.4	17	1.4	
BO2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58			1-0.71	158	126.4	1 0.40	104	126.4	22		
BO2-8024	370		4.24		62	0.64			75			1-0.85	124	143.9	1 0.47	89	143.4	30	1.2	

19.2 CO2系列单相电容启动异步电机铁芯及绕组的技术数据（表19-2）

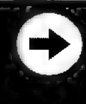


表 19-2 CO2系列单相电容启动异步电机铁芯及绕组的技术数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时 电流/A	满载时 转速/(r/min)	满载时 效率/%	满载时 功率因数	定子铁芯 外径/mm	定子铁芯 内径/mm	定子铁芯 长度/mm	气隙长度/mm	定/转子槽数 Z_1/Z_2	主绕组 线规 n-d/根-mm	主绕组 每极匝数	主绕组 平均半匝长/mm	副绕组 线规 n-d/根-mm	副绕组 每极匝数	副绕组 平均半匝长/mm	堵转电流/A	堵转转矩/额定转矩/A	最大转矩/额定转矩	电容器容量/μF
CO2-7112	180	220	1.89	2800	60	0.72	110	58	50	0.25	24/18	1-0.56	297	148.2	1-0.38	247	158.3	12	3.0	1.8	75
CO2-7122	250		2.40		64	0.74			62			1-0.63	235	160.2	1-0.47	204	170.3	15			
CO2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58			1-0.71	206	170.4	1-0.53	206	182	21	2.8		100
CO2-8022	550		4.65		68	0.79			75			1-0.85	159	187.6	1-0.56	154	192	29			150
CO2-90S2	750		5.94		70	0.82	145	77	70	0.30		1-1.0	147	198.2	1-0.63	133	211.2	37	2.5		200
CO2-7114	120		1.88	1400	50	0.58	110	67	50	0.25	24/30	1-0.53	224	109.4	1-0.35	145	120.2	9	3.0		75
CO2-7124	180		2.49		53	0.62			62			1-0.60	183	121.4	1-0.38	124	132.2	12			
CO2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58			1-0.71	158	126.4	1-0.47	133	139	15	2.8		100
CO2-8024	370		4.24		62	0.64			75			1-0.85	124	143.4	1-0.50	134	155.8	21	2.5		
CO2-90S4	550		5.57		65	0.69	145	87	70		36/42	1-0.95	127	144.6	1-0.60	108	157.2	29			150
CO2-90L4	750		6.77		69	0.73			90			1-1.06	96	165	1-0.63	120	177	37			

19.3　DO2 系列单相电容运转异步电机铁芯及绕组的技术数据（表 19-3）



表 19-3　DO2 系列单相电容运转异步电机铁芯及绕组的技术数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时 电流/A	满载时 转速/(r/min)	满载时 效率/%	满载时 功率因数	定子铁芯 外径/mm	定子铁芯 内径/mm	定子铁芯 长度/mm	气隙长度/mm	定/转子槽数 Z_1/Z_2	主绕组 线规 n-d/根-mm	主绕组 每极匝数	主绕组 平均半匝长/mm	副绕组 线规 n-d/根-mm	副绕组 每极匝数	副绕组 平均半匝长/mm	堵转电流/A	堵转转矩/额定转矩 A	最大转矩/额定转矩	电容器 容量/μF	电容器 工作电压/V
DO2-4512	10	220	0.20	2800	28	0.80	71	38	45	0.2	12/18	1 0.18	868	106	1-0.16	971	106	0.8	0.60	1.8	1	630
DO2-4522	16		0.26		35							1-0.20	750		1-0.19	796		1.0				
DO2-5012	25		0.33		40	0.85	80	44				1-0.25	519	125.7	1-0.23	819	125.7	1.5			2	
DO2-5022	40		0.42		42	0.90							489		1-0.25	698		2.0	0.50			
DO2-5612	60		0.57		53		90	48	50	0.25	24/18	1-0.28	454	131.6	1-0.31	527	131.6	2.5			4	
DO2-5622	90		0.81		56							1-0.33	363			467		3.2	0.35			
DO2-6312	120		0.91		63	0.95	96	50	45			1-0.40	415	132		593	132	5.0				
DO2-6322	180		1.29		67				54			1-0.45	320	140.7	1-0.33	427	140.7	7.0			6	
DO2-7112	250		1.73		69		110	58	50			1-0.50	271	148.1	1-0.45	382	148.1	10			8	430
DO2-4514	6		0.20	1400	17	0.80	71	38	45	0.2	12/18	1-0.18	700	83.3	1-0.16	675	83.3	0.5	1.0		1	630
DO2-4524	10		0.26		24							1-0.20	600			620		0.8	0.60			
DO2-5014	16		0.28		33		80	44				1-0.21	560	85.4	1-0.21	455	85.4	1.0			2	
DO2-5024	25		0.36		38	0.82						1-0.25	436			435		1.5	0.50			
DO2-5614	40		0.49		45		90	54	50	0.25	24/18	1-0.28	356	98.7	1-0.23	508	98.7	2.0				
DO2-5624	60		0.64		50	0.85						1-0.31	348		1-0.28	339		2.5			4	
DO2-6314	120		0.94		51		96	50	45			1-0.35	302	93.7	1-0.31	374	93.7	3.2	0.35			
DO2-6324	120		1.17		55				54		24/30	1-0.40	259	106.3		365	106.3	5.0				
DO2-7114	180		1.58		59	0.88	110	67	50			1-0.42	206	109.4	1-0.38	330	109.4	7.0			6	430
DO2-7124	250		2.04		62	0.90			62			1-0.47	165	121.4	1-0.42	268	121.4	10			8	

19.4　BO2 系列单相电阻启动异步电机电磁线代用速查表（表 19-4）



表 19-4　BO2 系列单相电阻启动异步电机电磁线代用速查表（220V、50Hz）

型号	额定功率/W	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据 支路数	原绕组主要数据 线规 n-d/根-mm	原绕组主要数据 截面积/mm²	原绕组主要数据 每极匝数	第 1 种 支路数	第 1 种 线规/根-mm	第 1 种 截面积/mm²	第 1 种 每极匝数	第 2 种 支路数	第 2 种 线规/根-mm	第 2 种 截面积/mm²	第 2 种 每极匝数	第 3 种 支路数	第 3 种 线规/根-mm	第 3 种 截面积/mm²	第 3 种 每极匝数
BO2-6312	90	2800	主	1	1 0.45	0.1602	436	1	1-0.31 1-0.33	0.1610	436	2	1-0.31	0.0755	872				
			副	1	1-0.33	0.0855	192	1	2-0.23	0.0831	192	2	1-0.23	0.04155	384				

续表

型号	额定功率/W	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
								第1种				第2种				第3种			
				支路数	线规 n-d/根-mm	截面积/mm²	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm²	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm²	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm²	每极匝数
BO2-6322	120	2800	主	1	1-0.50	0.1964	357	1	1-0.33 1-0.38	0.1989	357	2	1-0.35	0.0962	714				
			副	1	1-0.35	0.0962	182	1	2-0.25	0.0982	182	2	1 -0.25	0.0491	364				
BO2-7112	180	2800	主	1	1-0.56	0.246	297	1	1-0.35 1-0.44	0.2483	297	2	1-0.40	0.1257	594				
			副	1	1-0.38	0.1134	167	1	2-0.27	0.1146	167	2	1-0.27	0.0573	334				
BO2-7122	250	2800	主	1	1-0.63	0.3116	235	1	1-0.44 1-0.45	0.3109	235	2	1-0.44	0.1521	470				
			副	1	1-0.40	0.1257	156	1	1-0.25 1-0.31	0.1246	156	2	1-0.28	0.0616	312				
BO2-8012	370	2800	主	1	1-0.71	0.396	206	1	1-0.47 1-0.53	0.3945	206	2	1-0.50	0.1964	412				
			副	1	1-0.45	0.1602	136	1	1-0.31 1-0.33	0.1610	136	2	1-0.31	0.0755	272				
BO2-6314	60	1400	主	1	1-0.42	0.1385	315	1	1-0.23 1-0.35	0.1378	315	2	1-0.29	0.0661	630	4	1-0.20	0.03142	1260
			副	1	1-0.31	0.0755	127	1	1-0.21 1-0.23	0.0762	127	2	1-0.21	0.03464	254	4	1-0.15	0.01767	508
BO2-6324	90	1400	主	1	1-0.45	0.1602	270	1	1-0.31 1-0.33	0.1610	270	2	1-0.31	0.0755	540	4	1-0.21	0.03464	1080
			副	1	1-0.35	0.0962	117	1	2-0.25	0.0982	117	2	1-0.25	0.0491	234	4	1-0.18	0.02545	468
BO2-7114	120	1400	主	1	1-0.53	0.221	224	1	1-0.35 1-0.40	0.2219	224	2	1 0.38	0.1134	448	4	1-0.27	0.0573	896
			副	1	1-0.33	0.0855	124	1	2-0.23	0.0831	124	2	1-0.23	0.04155	248	4	1-0.16	0.02011	496
BO2-7124	180	1400	主	1	1-0.60	0.283	183	1	1-0.41 1-0.44	0.2841	183	2	1-0.42	0.1385	366	4	1-0.29	0.0661	732
			副	1	1-0.35	0.0962	102	1	2-0.25	0.0982	102	2	1-0.25	0.0491	204	4	1-0.18	0.02545	408
BO2-8014	250	1400	主	1	1-0.71	0.396	158	1	1-0.47 1-0.53	0.3945	158	2	1-0.50	0.1964	316	4	1-0.35	0.0962	732
			副	1	1-0.40	0.1257	104	1	1-0.25 1-0.31	0.1246	104	2	1-0.28	0.0616	208	4	1-0.20	0.03142	416
BO2-8024	370	1400	主	1	1-0.85	0.57	124	1	2-0.60	0.566	124	2	1-0.60	0.283	248	4	1-0.42	0.1385	496
			副	1	1-0.47	0.1735	89	1	1-0.28 1-0.38	0.175	89	2	1-0.33	0.0855	178	4	1-0.23	0.04155	356

19.5　CO2 系列单相电容启动异步电机电磁线代用速查表（表 19-5）



表 19-5　CO2 系列单相电容启动异步电机电磁线代用速查表（220V、50Hz）

型号	额定功率/W	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
								第 1 种				第 2 种				第 3 种			
				支路数	线规 n-d/根-mm	截面积/mm²	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm²	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm²	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm²	每极匝数
CO2-7112	180	2800	主	1	1-0.56	0.246	297	1	1-0.35 1-0.44	0.2483	297	2	1-0.40	0.1257	594				
			副	1	1-0.38	0.1134	247	1	2-0.27	0.1146	247	2	1-0.27	0.0573	494				
CO2-7122	250	2800	主	1	1-0.63	0.3116	235	1	1-0.44 1-0.45	0.3109	235	2	1-0.44	0.1521	470				
			副	1	1-0.47	0.1735	204	1	1-0.28 1-0.38	0.175	204	2	1-0.33	0.0855	408				
CO2-8012	370	2800	主	1	1-0.71	0.396	206	1	1-0.47 1-0.53	0.3945	206	2	1-0.50	0.1964	412				
			副	1	1-0.53	0.221	206	1	1-0.35 1-0.40	0.2219	206	2	1-0.38	0.1134	412				
CO2-8022	550	2800	主	1	1-0.85	0.57	159	1	2-0.60	0.566	159	2	1-0.60	0.283	318				
			副	1	1-0.56	0.246	154	1	1-0.35 1-0.44	0.2483	154	2	1-0.40	0.1257	308				
CO2-90S2	750	2800	主	1	1-1.00	0.785	147	1	1-0.67 1-0.74	0.783	147	2	1-0.71	0.396	294				
			副	1	1-0.63	0.3116	133	1	1-0.44 1-0.45	0.3109	133	2	1-0.44	0.1521	266				
CO2-7114	120	1400	主	1	1-0.53	0.221	224	1	1-0.35 1-0.40	0.2219	224	2	1-0.38	0.1134	448	4	1-0.27	0.0573	896
			副	1	1-0.35	0.0962	145	1	2-0.25	0.0982	145	2	1-0.25	0.0491	290	4	1-0.18	0.02545	580
CO2-7124	180	1400	主	1	1-0.60	0.283	183	1	1-0.41 1-0.44	0.2841	183	2	1-0.42	0.1385	366	4	1-0.29	0.0661	732
			副	1	1-0.38	0.1134	124	1	2-0.27	0.1146	124	2	1-0.27	0.0573	248	4	1-0.19	0.02835	496
CO2-8014	250	1400	主	1	1-0.71	0.396	158	1	1-0.47 1-0.53	0.3945	158	2	1-0.50	0.1964	316	4	1-0.35	0.0962	632
			副	1	1-0.47	0.1735	133	1	1-0.28 1-0.38	0.175	133	2	1-0.33	0.0855	266	4	1-0.23	0.04155	532
CO2-8024	370	1400	主	1	1-0.85	0.57	124	1	2-0.60	0.566	124	2	1-0.60	0.283	248	4	1-0.42	0.1385	496
			副	1	1-0.50	0.1964	134	1	1-0.33 1-0.38	0.1989	134	2	1-0.35	0.0962	268	4	1-0.25	0.0491	536
CO2-90S4	550	1400	主	1	1-0.95	0.71	127	1	2-0.67	0.706	127	2	1-0.67	0.353	254	4	1-0.47	0.1735	508
			副	1	1-0.60	0.283	108	1	1-0.41 1-0.44	0.2841	108	2	1-0.42	0.1385	216	4	1-0.29	0.0661	432
CO2-90L4	750	1400	主	1	1-1.06	0.883	96	1	2-0.75	0.884	96	2	1-0.75	0.442	192	4	1-0.53	0.221	384
			副	1	1-0.63	0.3116	120	1	1-0.44 1-0.45	0.3109	120	2	1-0.44	0.1521	240	4	1-0.29	0.0661	480

19.6　DO2 系列单相电容运转异步电机电磁线代用速查表（表 19-6）



表 19-6　DO2 系列单相电容运转异步电机电磁线代用速查表（220V、50Hz）

型号	额定功率/W	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
								第 1 种				第 2 种				第 3 种			
				支路数	线规 n-d/根-mm	截面积/mm²	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm²	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm²	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm²	每极匝数
DO2-4512	10	2800	主	1	1-0.18	0.02545	868	1	1-0.10 1-0.15	0.02552	868	2	1-0.13	1.01325	1736				
			副	1	1-0.16	0.02011	971	1	2-0.11	0.019	971	2	1-0.11	0.0095	1942				
DO2-4522	16	2800	主	1	1-0.20	0.03142	750	1	1-0.12 1-0.16	0.03142	750	2	1-0.14	0.01537	1500				
			副	1	1-0.19	0.02835	796	1	1-0.10 1-0.16	0.02796	796	2	1-0.13	0.01325	1592				
DO2-5012	40	2800	主	1	1-0.25	0.0491	489	1	2-0.18	0.0509	489	2	1-0.18	0.02545	978				
			副	1	1-0.25	0.0491	698	1	2-0.18	0.0509	698	2	1-0.18	0.02545	1396				
DO2-5022	60	2800	主	1	1-0.28	0.0616	454	1	1-0.16 1-0.23	0.06166	454	2	1-0.20	0.03142	908				
			副	1	1-0.31	0.0755	527	1	1-0.21 1-0.23	0.0762	527	2	1-0.21	0.03464	1054				
DO2-5612	25	2800	主	1	1-0.25	0.0491	519	1	2-0.18	0.0509	519	2	1-0.18	0.02545	1038				
			副	1	1-0.23	0.04155	819	1	2-0.16	0.04022	819	2	1-0.16	0.02011	1638				
DO2-5622	90	2800	主	1	1-0.33	0.0855	363	1	2-0.23	0.0831	363	2	1-0.23	0.04155	726				
			副	1	1-0.31	0.0755	467	1	1-0.21 1-0.23	0.0762	467	2	1-0.21	0.03464	934				
DO2-6312	120	2800	主	1	1-0.40	0.1257	415	1	1-0.25 1-0.31	0.1246	415	2	1-0.28	0.0616	830				
			副	1	1-0.31	0.0755	593	1	1-0.21 1-0.23	0.0762	593	2	1-0.21	0.03464	1186				
DO2-6322	180	2800	主	1	1-0.45	0.1602	320	1	1-0.31 1-0.33	0.1610	320	2	1-0.31	0.0755	640				
			副	1	1-0.33	0.0855	427	1	2-0.23	0.0831	427	2	1-0.23	0.04155	854				
DO2-7112	250	2800	主	1	1-0.50	0.1946	271	1	1-0.33 1-0.38	0.1989	271	2	1-0.35	0.0962	542				
			副	1	1 0.45	0.1602	382	1	1-0.31 1-0.33	0.1610	382	2	1-0.31	0.0755	764				
DO2-4514	6	1400	主	1	1-0.18	0.02545	700	1	1-0.10 1-0.15	0.02552	700	2	1-0.13	0.01325	1400				
			副	1	1-0.16	0.02011	675	1	2-0.11	0.019	675	2	1-0.11	0.0095	1350				

续表

型号	额定功率/W	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
								第 1 种				第 2 种				第 3 种			
				支路数	线规 n d/根-mm	截面积/mm^2	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm^2	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm^2	每极匝数	支路数	线规/根-mm	截面积/mm^2	每极匝数
DO2-4524	10	1400	主	1	1-0.20	0.03142	600	1	1-0.12 1-0.16	0.3142	600	2	1-0.14	0.01537	1200				
			副	1	1-0.16	0.02011	620	1	2-0.11	0.019	620	2	1-0.11	0.0095	1240				
DO2-5014	16	1400	主	1	1-0.21	0.03464	560	1	2-0.15	0.03534	560	2	1-0.15	0.01767	1120				
			副	1	1-0.21	0.03464	455	1	2-0.15	0.03534	455	2	1-0.15	0.01767	910				
DO2 -5024	25	1400	主	1	1-0.25	0.0491	436	1	1-0.16 1-0.19	0.04846	436	2	1-0.18	0.02545	872				
			副	1	1-0.21	0.03464	435	1	2-0.15	0.03534	435	2	1-0.15	0.01767	870				
DO2-5614	40	1400	主	1	1-0.28	0.0616	356	1	1-0.16 1-0.23	0.06166	356	2	1-0.20	0.03142	712	4	1-0.14	0.01537	1424
			副	1	1-0.23	0.04155	508	1	2-0.16	0.04022	508	2	1-0.16	0.02011	1016	4	1-0.11	0.0095	2032
DO2-5624	60	1400	主	1	1-0.31	0.0755	348	1	1-0.21 1-0.23	0.0762	348	2	1-0.21	0.03464	696	4	1-0.15	0.01767	1392
			副	1	1-0.28	0.0616	239	1	1-0.16 1-0.23	0.06166	239	2	1-0.20	0.03142	478	4	1-0.14	0.01537	956
DO2-6314	90	1400	主	1	1-0.35	0.0962	302	1	2-0.25	0.0982	302	2	1-0.25	0.0491	604	4	1-0.18	0.02545	1208
			副	1	1-0.31	0.0755	374	1	1-0.21 1-0.23	0.0762	374	2	1-0.21	0.03464	748	4	1-0.15	0.01767	1496
DO2-6324	120	1400	主	1	1-0.40	0.1257	259	1	1-0.25 1-0.31	0.1246	259	2	1-0.28	0.0616	518	4	1-0.20	0.03142	1036
			副	1	1-0.31	0.0755	365	1	1-0.21 1-0.23	0.0762	365	2	1-0.21	0.03464	730	4	1-0.15	0.01767	1460
DO2-7114	180	1400	主	1	1-0.42	0.1385	206	1	1-0.23 1-0.35	0.1378	206	2	1-0.29	0.0661	412	4	1-0.20	0.03142	824
			副	1	1-0.38	0.1134	330	1	2-0.27	0.1146	330	2	1-0.27	0.0573	660	4	1-0.19	0.02835	1320
DO2-7124	250	1400	主	1	1-0.47	0.1735	165	1	1-0.28 1-0.38	0.175	165	2	1-0.33	0.0855	330	4	1-0.23	0.04155	660
			副	1	1-0.42	0.1385	268	1	1-0.23 1-0.35	0.1378	268	2	1-0.29	0.0661	536	4	1-0.20	0.03142	1072



第20章 直流电机技术数据

20.1 Z2系列直流电机技术数据（表20-1）

表 20-1 Z2 系列直流电机技术数据

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢 槽数	电枢 槽节距	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 线规及牌号 QZ-2 /mm	换向器 换向片数	换向器 换向片节距 y_k	换向器 每杆电刷数	换向器 电刷 DS-4（长×宽）	主极 每极匝数 串	主极 每极匝数 并	主极 线规及牌号 QZ/mm 串	主极 线规及牌号 QZ/mm 并	主极 并励绕组额定电流 /A	主极 极数	换向极 极数	换向极 每极匝数	换向极 线规与牌号 QZ /mm
转速 3000r/min																								
Z2-11	1	0.8	110	9.96	并	14	1—8	6	672	2	0.96/1.05	56	±1	2	10×12.5	12	1650	与换向极同	0.38/0.44	0.469	2	1	127	1.16×2.44/1.47×2.75
	2	0.8	220	4.85				12	1344		0.69/0.77					24	3450		0.27/0.32	0.234			258	1.25/1.36
Z2 12	1	1.1	110	12.9	并	14	1- 8	$4\frac{2}{4}$	504	2	1.16/1.27	56	±1	2	10×12.5	10	1350		0.41/0.47	0.565	2	1	93	1.25×3.05/1.57×3.37
	2	1.1	220	6.41				9	1008		0.80/0.89					20	2750		0.29/0.34	0.28			192	1.45/1.56
Z2-21	1	1.5	110	17.5	并	18	1—10	$3\frac{2}{4}$	504	2	1.35/1.46	72	±1	2	10×12.5	8	1800		0.41/0.47	0.55	2	1	98	1.25×4.11/1.57×4.42
	2	1.5	220	8.64				7	1008		1.01/1.1					16	3700		0.31/0.36	0.278			196	1.16×2.44/1.47×2.75
Z2-22	1	2.2	110	24.7	并	18	1—10	$2\frac{2}{4}$	360	2	2-1.16/2-1.27	72	±1	2	10×12.5	8	1500		0.47/0.53	0.70	2	1	64	1.35×4.7/1.69×5.04
	2	2.2	220	12.35				5	720		1.16/1.27					20	3000		0.33/0.39	0.3485			128	1.08×3.28/1.40×3.60

续表

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢 槽数	槽节距	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ-2 /mm	换向器 换向片数	换向片节距 y_k	每杆电刷数	电刷 DS-4 (长×宽)	主极 每极匝数 串	每极匝数 并	线规及牌号 QZ/mm 串	线规及牌号 QZ/mm 并	并励绕组额定电流 /A	极数	换向极 极数	每极匝数	线规与牌号 QZ /mm
转速 3000r/min																								
Z2-31	1	3	110	33.2	并	18	1 10	$2\frac{2}{4}$	360	2	2-1.35/ 2-1.46	72	±1	2	10×12.5	11	1560	与换向极同	0.49/0.55	0.721	2	1	67	1.81×4.7/ 2.16×5.04
	2	3	220	16.52				5	720		1.35/1.46					22	3120		0.35/0.41	0.376			130	1.45×2.83/ 1.80×3.14
Z2-32	1	4	110	43.8	并	18	1—10	$1\frac{3}{4}$	252	2	2-1.56/ 2-1.67	72	±1	3	10×12.5	12	1250		0.51/0.58	0.885	2	1	46	2.44×4.7/ 2.97×5.03
	2	4	220	21.65				$3\frac{2}{4}$	504		1.56/1.67			2		26	2540		0.35/0.41	0.427			91	1.16×4.7/ 1.43×4.97
Z2-41	1	5.5	110	60.6	并	27	1 8	$1\frac{2}{3}$	270	2	2-1.56/ 2-1.82	81	1—41	2	10×12.5	4	935		0.53/0.60	0.88	4	4	20	2.44×6.4/ 2.84×6.8
	2	5.5	220	30.3				$3\frac{1}{3}$	540		1.56/1.82					7	1800		0.38/0.44	0.488			40	1.45×4.7/ 1.79×5.04
Z2-42	1	7.5	110	81.6	并	27	1—8	$1\frac{1}{3}$	216	2	3-1.56/ 3-1.82	81	1—41	3	10×12.5	2	790	与换向极同	0.57/0.64	1.090	4	4	16	2.68×6.4/ 3.03×6.8
	2	7.5	220	40.8				$2\frac{2}{3}$	432		2-1.35/ 2-1.59			2		3	1460		0.44/0.50	0.641			33	2.1×4.7/ 2.5×5.1
Z2-51	1	10	220	53.8	并	31	1- 9	2	372	2	2-1.62/ 2-1.88	93	1 47	2	10×12.5	5	1460		0.53/0.60	1.01	4	4	28	1.68×6.4/ 2.02×6.72
Z2-52	1	13	220	68.7	并	31	1—9	$1\frac{1}{3}$	248	2	3-1.56/ 3-1.82	93	1—47	3	10×12.5	2	1180		0.69/0.77	1.658	4	4	19	2.44×6.4/ 2.84×6.8
Z2-61	1	17	220	88.9	并	31	1—9	$1\frac{2}{3}$	310	2	4-1.62/ 4-1.88	93	1 47	4	10×12.5	4	1460		0.57/0.64	1.123	4	4	24	1.45×12.5

续表

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢						换向器				主极						换向极		
						槽数	槽节距	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ-2 /mm	换向片数	换向片节距 y_k	每杆电刷数	电刷 DS-4 (长×宽)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规及牌号 QZ/mm 串	线规及牌号 QZ/mm 并	并励绕组额定电流 /A	极数	极数	每极匝数	线规与牌号 QZ /mm
转速 3000r/min																								
Z2-62	1	22	220	114.2	并	31	1—9	$1\frac{1}{3}$	248	2	5-1.62/ 5-1.88	93	1—47	4	10×12.5	4	1280	与换向极同	0.55/0.62	1.052	4	4	19	1.81×12.5
Z2-71	1	30	220	155.0	并	35	1—10	1	210	2	2-1.16×4.7/ 2-1.5×5.04	105	1—53	3	12.5×25	3	1060		0.72/0.8	1.765	4	4	16	3.05×12.5
Z2-72	1	40	220	205.6	并	27	1 8	1	162	2	2-1.81×4.7/ 2-2.08×4.97	81	1 41	3	12.5×25	2	920		0.80/0.89	2.3	4	4	13	4.1×12.5
转速 1500r/min																								
Z2-11	3	0.4	110	5.35	并	14	1—8	11	1232	2	0.74/0.83	56	±1	2	10×12.5	36	2040	与换向极同	0.35/0.41	0.347	2	1	240	1.35/1.46
	4	0.4	220	2.68				22	2464		0.53/0.60					72	3800		0.27/0.32	0.1825			480	0.96/1.05
Z2-12	3	0.6	110	7.68	并	14	1—8	8	896	2	0.9/0.99	56	±1	2	10×12.5	20	1600		0.44/0.50	0.535	2	1	172	1.56/1.68
	4	0.6	220	3.82				16	1792		0.62/0.69					34	3140		0.31/0.36	0.28			345	1.08/1.19
Z2-21	3	0.8	110	9.84	并	18	1—10	$6\frac{1}{4}$	900	2	1.08/1.19	72	±1	2	10×12.5	18	1940		0.47/0.58	0.582	2	1	176	1.0×3.05/ 1.32×3.27
	4	0.8	220	4.92				$12\frac{2}{4}$	1800		0.74/0.83					40	3700		0.33/0.38	0.3085			352	1.35/1.46
Z2-22	3	1.1	110	13	并	18	1- 10	$4\frac{2}{4}$	648	2	1.20/1.31	72	±1	2	10×12.5	14	1600		0.53/0.60	0.8	2	1	116	1.16×3.28/ 1.48×3.6
	4	1.1	220	6.5				9	1296		0.86/0.95					24	3000		0.41/0.47	0.458			230	1.45/1.56
Z2-31	3	1.5	110	17.6	并	18	1—10	$4\frac{2}{4}$	648	2	2-1.0/2-1.1	72	±1	2	10×12.5	12	1550		0.57/0.64	0.93	2	1	120	1.45×2.83/ 1.80×3.14

续表

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢						换向器				主极						换向极		
						槽数	槽节距	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ-2 /mm	换向片数	换向片节距 y_k	每杆电刷数	电刷 DS-4 （长×宽）	每极匝数		线规及牌号 QZ/mm		并励绕组额定电流 /A	极数	极数	每极匝数	线规与牌号 QZ /mm
																串	并	串	并					
转速 1500r/min																								
Z2-31	4	1.5	220	8.7	并	18	1—10	$9\frac{1}{4}$	1336	2	1.0/1.1	72	+1	2	10×12.5	30	3160	与换向极同	0.38/0.44	0.424	2	1	240	1.0×2.44/ 1.27×2.71
Z2-32	3	2.2	110	25	并	18	1 10	$3\frac{1}{4}$	468	2	2-1.20/ 2-1.31	72	±1	2	10×12.5	10	1350		0.64/0.72	1.185	2	1	84	1.45×4.7/ 1.72×4.97
	4	2.2	220	12.35				$6\frac{3}{4}$	972		1.20/1.31					24	2940		0.41/0.47	0.414			174	1.08×3.28/ 1.40×3.60
Z2-41	3	3	110	34	并	27	1—8	3	486	2	2-1.25/ 2-1.49	81	1—41	2	10×12.5	5	1040		0.62/0.69	1.051	4	4	37	1.95×4.7/ 2.29×5.04
	4	3	220	17				6	972		1.25/1.49			1		12	2790		0.44/0.50	0.6074			74	1.0×4.7/ 1.34×5.04
Z2-42	3	4	110	44.6	并	27	1 8	$2\frac{1}{3}$	378	2	2-1.45/ 2-1.69	81	1—41	2	10×12.5	3	760		0.69/0.77	1.528	4	4	29	2.44×4.7/ 2.84×5.1
	4	4	220	22.3				$2\frac{2}{3}$	756		1.45/1.69			1		6	1570		0.49/0.54	0.77			58	1.16×4.7/ 1.5×5.04
Z2-51	2	5.5	110	60.5	并	31	1—9	2	372	2	2-1.62/ 2-1.88	93	1—47	2	10×12.5	4	910		0.69/0.77	1.4	4	4	28	1.68×6.4/ 2.02×6.74
	3	5.5	220	30.3				4	744		1.68/1.95			1		8	1780		0.51/0.58	0.75			57	1.25×4.7/ 1.60×5.04
Z2-52	2	7.5	110	82.2	并	31	1 9	$1\frac{2}{3}$	248	2	3-1.56/ 3-1.82	93	1—47	3	10×12.5	2	720		0.86/0.95	2.195	4	4	19	2.44×6.4/ 2.84×6.8
	3	7.5	220	41.1				$2\frac{2}{3}$	496		2-1.35/ 2-1.59			2		4	1390		0.62/0.69	1.176			38	1.68×4.7/ 2.03×5.04
Z2-61	2	10	110	107.6	并	31	1—9	$1\frac{2}{3}$	310	2	4-1.62/ 4-1.88	93	1- 47	4	10×12.5	4	930		0.72/0.80	1.447	4	4	24	1.81×12.5

续表

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢 槽数	电枢 槽节距	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 线规及牌号 QZ-2 /mm	换向器 换向片数	换向器 换向片节距 y_k	换向器 每杆电刷数	换向器 电刷 DS-4（长×宽）	主极 每极匝数 串	主极 每极匝数 并	主极 线规及牌号 QZ/mm 串	主极 线规及牌号 QZ/mm 并	主极 并励绕组额定电流/A	主极 极数	换向极 极数	换向极 每极匝数	换向极 线规与牌号 QZ /mm
转速 1500r/min																								
Z2-61	3	10	220	53.8	并	31	1- 9	3	558	2	2-1.56/ 2-1.82	93	1—47	2	10×12.5	6	1800	与换向极同	0.67/0.75	1.178	4	4	44	1.68×6.4/ 2.07×6.75
Z2-62	2	13	110	139	并	31	1 9	$1\frac{1}{3}$	248	2	5-1.62/ 5-1.88	93	1—47	4	10×12.5	3	830		0.69/0.77	1.32	4	4	20	2.26×12.5
	3	13	220	69.5				$2\frac{1}{3}$	434		3-1.56/ 3-1.82			3		8	1530		0.69/0.77	1.20			35	2.26×6.4/ 2.66×6.8
Z2-71	2	17	110	180.6	并	33	1 9	1	198	2	2-1.45×4.7/ 2-1.78×5.03	99	1—50	3	12.5×25	2	520		1.12/1.23	4.36	4	4	16	3.05×12.5
	3	17	220	90				2	396		1.45×4.7/ 1.78×5.03			2		4	1100		0.80/0.89	2.135			30	3.53×6.1/ 3.82×6.13
Z2-72	2	22	110	232.6	并	27	1—8	1	162	2	2-1.81×4.7/ 2·2.08×4.97	81	1 41	3	12.5×25	1	520		1.08/1.19	3.93	4	4	13	4.1×12.5
	3	22	220	115.4				2	324		1.81×4.7/ 2.08×4.97			2		3	1050		0.77/0.86	1.9			25	1.95×12.5
Z2-81	1	30	110	315.5	并	27	1—8	1	162	2	2-2.83×4.7/ 2-3.23×5.1	81	1—41	4	12.5×25	1	570		1.30/1.41	4.83	4	4	13	4.4×14.5
	2	30	220	156.9				2	324		2.83×4.7/ 3.23×5.1			3		3	1150		0.90/0.99	2.345			25	2.1×14.5
Z2-82	1	40	220	208	并	35	1—10	1	210	2	2-1.68×4.7/ 2-2.02×5.04	105	1· 53	3	12.5×25	2	1000		1.16/1.27	3.702	4	4	17	3.05×14.5
Z2-91	1	55	220	284	并	37	1—10	1	222	2	2-1.81×6.4/ 2-2.08×6.67	111	1—56	4	16×25	2	920		1.20/1.31	4.12	4	4	17	4.4×19.5

续表

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢 槽数	电枢 槽节距	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 线规及牌号 QZ-2 /mm	换向器 换向片数	换向器 换向片节距 y_k	换向器 每杆电刷数	换向器 电刷 DS-4（长×宽）	主极 每极匝数 串	主极 每极匝数 并	主极 线规及牌号 QZ/mm 串	主极 线规及牌号 QZ/mm 并	主极 并励绕组额定电流/A	主极 极数	换向极 极数	换向极 每极匝数	换向极 线规与牌号 QZ /mm
转速 1500r/min																								
Z2-92	1	75	220	385	并	29	1—8	1	174	2	**2-2.63×6.4/2-2.96×6.73	87	1—44	5	16×25	2	860	与换向极同	1.25/1.36	4.46	4	4	14	5.1×19.5**
Z2-101	1	100	220	511	并	34	1—9	1	272	4	**2-1.68×6.4/2-2.0×6.72	136	±1	4	20×32	1.5	760	与换向极同	1.4/1.51	5.43	4	4	10	2-3.28×19.5**
Z2-102	1	125	220	635	并	34	1—9	1	204	4	**2-1.95×6.4/2 2.28×6.73	102	±1	5	20×32	1	680	与换向极同	2 1.16/2 1.26	7.18	4	4	8	2 3.8×19.5*
Z2-111	1	160	220	810	并	50	1—13	1	200	4	**2-2.63×6.4/2-2.96×6.73	100	±1	5	25×32	1.5	660	与换向极同	1.56/1.68	6.72	4	4	7	2 5.1×19.5*
Z2-111	8	155	440	392	并	50	1 13	1	400	4	2-1.25×6.4/2-1.52×6.67	200	±1	3	25×32	3.5	1400	与换向极同	1.08/1.19	3.12	4	4	14	5.1×19.5
Z2-112	1	200	220	1005	并	42	1—11	1	168	4	2-3.53×6.4/2 3.93×6.8	84	±1	5	25×32		620	与换向极同	1.68/1.92	7.78	4	4	6	2 6.5×19.5
Z2-112	6	195	440	490	并	42	1—11	1	336	4	2-1.68×6.4/2-1.95×6.73	168	±1	3	25×32	2.5	1260	与换向极同	1.16/1.27	3.68	4	4	12	6×19.5
转速 1000r/min																								
Z2-21	5	0.4	110	5.51	并	18	1—10	9	1296	2	0.86/0.95	72	±1	2	10×12.5	32	2050	与换向极同	0.44/0.50	0.528	2	1	256	1.35/1.46
	6	0.4	220	2.755				18	2592		0.62/0.69					64	3850	与换向极同	0.33/0.38	0.304			505	1.0/1.1
Z2-22	5	0.6	110	7.68	并	18	1—10	$6\frac{3}{4}$	972	2	0.96/1.05	72	±1	2	10×12.5	20	1840	与换向极同	0.49/0.55	0.580	2	1	174	1.0×2.44/1.31×2.75
	6	0.6	220	3.79				$13\frac{2}{4}$	1944		0.69/0.77					40	3600	与换向极同	0.35/0.41	0.314			348	1.16/1.27

续表

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢 槽数	电枢 槽节距	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 线规及牌号 QZ-2 /mm	换向器 换向片数	换向器 换向片节距 y_k	换向器 每杆电刷数	换向器 电刷 DS-4（长×宽）	主极 每极匝数 串	主极 每极匝数 并	主极 线规及牌号 QZ/mm 串	主极 线规及牌号 QZ/mm 并	主极 并励绕组额定电流/A	主极 极数	换向极 极数	换向极 每极匝数	换向极 线规与牌号 QZ /mm
转速 1000r/min																								
Z2-31	5	0.8	110	10	并	18	1—10	$6\frac{3}{4}$	972	2	1.16/1.26	72	±1	2	10×12.5	16	1630	与换向极同	0.53/0.60	0.794	2	1	175	1.25×2.44/ 1.52×2.71
	6	0.8	220	4.95				$13\frac{3}{4}$	1980		0.83/0.92					36	3160		0.38/0.44	0.397			360	1.35/1.46
Z2-32	5	1.1	110	13.33	并	18	1—10	5	720	2	2-0.96/ 2-1.05	72	±1	2	10×12.5	14	1680		0.57/0.64	0.75	2	1	130	1.08×3.28/ 1.40×3.60
	6	1.1	220	6.58				$9\frac{3}{4}$	1404		0.96/1.05					27	3360		0.44/0.50	0.448			252	1.56/1.67
Z2-41	5	1.5	110	17.8	并	27	1 8	$4\frac{1}{3}$	702	2	1.45/1.69	81	1—41	2	10×12.5	4	1100		0.67/0.75	1.114	4	4	54	1.16×4.7/ 1.50×5.04
	6	1.5	220	8.9				$8\frac{2}{3}$	1404		1.0/1.24			1		7	2120		0.47/0.53	0.591			105	1.16×2.44/ 1.47×2.75
Z2-42	5	2.2	110	25.32	并	27	1—8	$3\frac{1}{3}$	540	2	2-1.16/ 2-1.4	81	1 41	1	10×12.5	3	825		0.72/0.80	1.56	4	4	41	1.68×4.7/ 2.02×5.04
	6	2.2	220	12.66				$6\frac{2}{3}$	1080		1.16/1.4					8	1770		0.51/0.58	0.726			82	1.45×2.44/ 1.76×2.75
Z2-51	4	3	110	34.3	并	31	1—9	3	558	2	2-1.35/ 2-1.59	93	1—47	1	10×12.5	6	1060		0.67/0.75	1.134	4	4	43	1.81×4.7/ 2.16×5.04
	5	3	220	17.2				$5\frac{2}{3}$	1054		1.35/1.59					8	2040		0.55/0.62	0.75			81	1.35×3.28/ 1.7×3.6
Z2-52	4	4	110	45.2	并	31	1—9	2	372	2	2-1.62/ 2-1.88	93	1—47	2	10×12.5	3	720		0.83/0.92	2.07	4	4	28	1.68×6.4/ 2.03×6.74
	5	4	220	22.6				4	744		1.62/1.88			1		7	1460		0.59/0.66	1.04			57	1.16×4.7/ 1.51×5.04
Z2-61	4	5.5	110	60.6	并	31	1 9	$2\frac{1}{3}$	434	2	3-1.56/ 3-1.82	93	1—47	2	10×12.5	5	950		0.83/0.92	1.718	4	4	33	1.95×6.4/ 2.34×6.75
	5	5.5	220	30.3				$4\frac{1}{3}$	806		2-1.35/ 2-1.59					10	1800		0.72/0.80	1.282			63	1.35×4.7/ 1.74×5.05

续表

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢 槽数	槽节距	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ-2 /mm	换向器 换向片数	换向片节距 y_k	每杆电刷数	电刷 DS-4（长×宽）	主极 每极匝数 串	并	线规及牌号 QZ/mm 串	并	并励绕组额定电流/A	极数	换向极 极数	每极匝数	线规与牌号 QZ /mm
转速 1000r/min																								
Z2-62	4	7.5	110	82.6	并	31	1 9	$1\frac{2}{3}$	310	2	4-1.62/4-1.88	93	1—47	3	10×12.5	3	790	与换向极同	1.08/1.19	2.95	4	4	24	1.45×12.5
	5	7.5	220	41.3				$3\frac{2}{3}$	682		2-1.45/2-1.69			2		10	1670		0.59/0.66	0.878			54	1.81×4.7/2.16×5.04
Z2 71	4	10	110	109.6	并	27	1—8	2	324	2	1.95×4.7/2.29×5.03	81	1· 41	2	12.5×25	2	600		0.96/1.05	2.955	4	4	25	1.95×12.5
	5	10	220	54.8		33	1- 9	3	594		1.35×3.05/1.68×3.38	99	1—50	1		4	1320		0.77/0.86	1.639			45	1.95×6.4/2.02×6.72
Z2-72	4	13	110	142.3	并	25	1—7	1	250	2	2-1.16×4.7/2-1.43×4.97	125	1- 63	2	12.5×25	1	520		1.08/1.19	3.66	4	4	19	2.63×12.5
	5	13	220	70.7				2	500		1.16×4.7/1.43×4.97					2	1050		0.77/0.86	1.865			37	2.63×6.4/2.96×6.73
Z2-81	3	17	110	185	并	35	1—10	1	210	2	2-1.56×4.7/2-1.9×5.04	105	1 53	3	12.5×25	1	700		1.40/1.51	4.51	4	4	18	2.83×14.5
	4	17	220	92				2	420		1.56×4.7/1.9×5.04			2		2	1320		1.0/1.11	2.465			34	3.05×6.4/3.38×6.73
Z2-82	2	22	110	238	并	27	1—8	1	162	2	2-2.1×4.7/2-2.5×5.1	81	1—41	4	12.5×25	1	610		1.45/1.56	4.6	4	4	13	3.53×14.5
	3	22	220	118.2				2	324		2.1×4.7/2.5×5.1			2		3	1120		1.0/1.11	2.51			25	1.81×14.5
Z2-91	2	30	110	319	并	29	1—8	1	174	2	**2-2.44×6.4/2-2.77×6.73	87	1—44	4	16×25	1	520		1.56/1.69	6.15	4	4	14	5.5×19.5*
	3	30	220	158.5				2	348		**2.44×6.4/2.77×6.73			3		2	1000		1.16/1.27	3.319			27	2.63×19.5*
Z2-92	2	40	110	423	并	34	1—9	1	272	4	**2-1.56×6.4/2-1.83×6.67	136	±1	5	16×25	2	520		1.56/1.67	5.67	4	4	11	6.5×19.5*
	3	40	220	210		29	1- 8	1	290	2	**2-1.56×6.4/2-1.83×6.67	145	1 73	3		3	900		1.08/1.19	3.17			23	3.28×19.5*

续表

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢 槽数	电枢 槽节距	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 线规及牌号 QZ-2 /mm	换向器 换向片数	换向器 换向片节距 y_k	换向器 每杆电刷数	换向器 电刷 DS-4 (长×宽)	主极 每极匝数 串	主极 每极匝数 并	主极 线规及牌号 QZ/mm 串	主极 线规及牌号 QZ/mm 并	主极 并励绕组额定电流/A	主极 极数	换向极 极数	换向极 每极匝数	换向极 线规与牌号 QZ /mm
转速 1000r/min																								
Z2-101	2	55	220	285.5	并	37	1- 10	1	222	2	**2-1.95×6.4/2-2.28×6.74	111	1 56	2	20×32	2	820	与换向极同	1.16/1.26	3.60	4	4	16	3.8×19.5**
Z2-102	2	75	220	385	并	31	1- 9	1	186	2	**2-2.83×6.4/2-3.2×6.67	93	1 47	3	20×32	1.5	740		1.30/1.41	4.31	4	4	14	5.1×19.5**
Z2-111	2	100	220	511	并	50	1—13	1	300	4	**2-1.68×6.4/2-1.95×6.67	150	±1	3	25×32	1.5	720		1.56/1.68	6.42	4	4	11	2-3.53×19.5**
	9	100	440	256		49	1—13	1	294	2	**2-1.68×6.4/2-1.95×6.67	147	1- 74	2		3.5	1360		1.16/1.27	3.47			21	3.53×19.5**
Z2-112	2	125	220	632	并	42	1—11	1	252	4	**2-2.26×6.4/2-2.59×6.73	126	+1	4	25×32		660		1.68/1.92	7.00	4	4	9	2-4.4×19.5
	7	125	440	316		43	1—12	1	258	2	**2-2.26×6.4/2-2.59×6.73	129	1—65	2		3	1320		1.16/1.27	3.43			18	4.4×19.5
转速 750r/min																								
Z2 31	7	0.6	110	7.91	并	18	1—10	$8\frac{2}{4}$	1224	2	2-0.74/2-0.83	72	±1	2	10×12.5	20	1740	与换向极同	0.55/0.62	0.81	2	1	220	1.08×2.44/1.35×2.71
	8	0.6	220	3.9				$17\frac{1}{4}$	2484		0.74/0.83					40	3520		0.38/0.44	0.386			445	1.20/1.31
Z2-32	7	0.8	110	10	并	18	1—10	$6\frac{2}{4}$	936	2	2-0.86/2-0.95	72	±1	2	10×12.5	20	1680		0.57/0.64	0.747	2	1	168	1.08×3.28/1.40×3.60
	8	0.8	220	4.95				13	1872		0.86/0.95					40	3640		0.41/0.47	0.367			336	1.56/1.67
Z2-41	7	1.1	110	13.8	并	27	1—8	$5\frac{2}{3}$	918	2	1.25/1.49	81	1—41	2	10×12.5	6	1040		0.62/0.69	1.1	4	4	70	1.0×4.7/1.34×5.04
	8	1.1	220	6.9				$11\frac{1}{3}$	1836		0.86/1.1			1		10	2120		0.47/0.53	0.555			138	1.0×2.44/1.31×2.75

续表

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢 槽数	槽节距	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ-2/mm	换向器 换向片数	换向片节距 y_k	每杆电刷数	电刷 DS-4（长×宽）	主极 每极匝数 串	每极匝数 并	线规及牌号 QZ/mm 串	线规及牌号 QZ/mm 并	并励绕组额定电流/A	极数	换向极 极数	每极匝数	线规与牌号 QZ/mm
转速750r/min																								
Z2-42	7	1.5	110	18.2	并	27	1—8	$4\frac{1}{3}$	702	2	1.45/1.69	81	1—41	1	10×12.5	3	825	与换向极同	0.72/0.80	1.58	4	4	54	1.16×4.7/1.5×5.04
	8	1.5	220	9.16				$8\frac{2}{3}$	1404		1.0/1.24					5	1640		0.53/0.60	0.816			106	1.16×2.44/1.47×2.75
Z2 51	6	2.2	110	26.3	并	31	1—9	$3\frac{2}{3}$	682	2	1.68/1.95	93	1 47	1	10×12.5	6	1120		0.77/0.86	1.34	4	4	52	1.81×4.7/2.16×5.04
	7	2.2	220	13.15				$7\frac{1}{3}$	1364		1.16/1.40					10	2160		0.57/0.64	0.734			104	1.35×3.28/1.7×3.6
Z2-52	6	3	110	35	并	31	1 9	$2\frac{2}{3}$	496	2	2-1.45/2 1.69	93	1 47	2	10×12.5	4	880		0.80/0.89	1.563	4	4	38	1.68×4.7/2.03×5.04
	7	3	220	17.5				$5\frac{1}{3}$	992		1.35/1.59			1		8	1680		0.57/0.64	0.80			76	1.35×3.28/1.7×3.6
Z2-61	6	4	110	46.4	并	31	1 9	3	558	2	2 1.56/2-1.82	93	1 47	2	10×12.5	7	1000		0.80/0.89	1.596	4	4	44	1.68×6.4/2.07×6.75
	7	4	220	23.2				6	1116		1.56/1.82					14	1900		0.59/0.66	0.80			88	1.16×4.7/1.54×5.05
Z2-62	6	5.5	110	62.2	并	31	1- 9	$2\frac{1}{3}$	434	2	3-1.25/3-1.82	93	1- 47	2	10×12.5	3	900		0.90/0.99	1.735	4	4	34	1.95×6.4/2.29×6.74
	7	5.5	220	31.1				$4\frac{1}{3}$	806		2-1.25/2 1.49					4	1730		0.77/0.86	1.33			64	1.35×4.7/1.70×5.04
Z2-71	6	7.5	110	83.6	并	33	1—9	2	396	2	1.45×4.7/1.78×5.03	99	1—50	2	12.5×25	3	670		1.08/1.18	3.38	4	4	30	3.53×6.4/3.82×6.72
	7	7.5	220	42.1		25	1—7	3	750		1.08×3.05/1.41×3.38	125	1—63	1		3	1320		0.80/0.89	1.825			57	1.68×6.4/1.95×6.67
Z2-72	6	10	110	112.1	并	27	1 8	2	324	2	1.95×4.7/2.22×4.97	81	1 41	2	12.5×25	1	610		1.16/1.27	3.52	4	4	25	1.95×12.5
	7	10	220	55.8		33	1—9	3	594		1.35×3.05/1.62×3.32	99	1—50	1		2	1130		0.90/0.99	2.39			45	2.26×6.4/2.59×6.73

续表

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢						换向器				主极						换向极		
						槽数	槽节距	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ-2 /mm	换向片数	换向片节距 y_k	每杆电刷数	电刷 DS-4 (长×宽)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规及牌号 QZ/mm 串	线规及牌号 QZ/mm 并	并励绕组额定电流 /A	极数	极数	每极匝数	线规与牌号 QZ /mm
转速 750r/min																								
Z2-81	5	13	110	145	并	27	1—8	1	270	2	2-1.16×4.7/ 2-1.5×5.04	135	1—68	3	12.5×25	1	700	与换向极同	1.40/1.51	4.46	4	4	23	2.26×14.5
	6	13	220	72.1				2	540		1.16×4.7/ 1.5×5.04			2		2	1320		1.0/1.11	2.475			43	2.44×6.4/ 2.77×6.73
Z2-82	4	17	110	187.2	并	35	1 10	1	210	2	2-1.56×4.7/ 2-1.90×5.04	105	1 53	3	12.5×25	1	600		1.5/1.61	5.32	4	4	17	3.05×14.5
	5	17	220	93.2				2	420		1.56×4.7/ 1.90×5.04			2		2	1200		1.08/1.19	2.695			35	3.28×6.4/ 3.61×6.73
Z2-91	4	22	110	239.5	并	37	1—10	1	222	2	**2-1.81×6.4/ 2-2.08×6.67	111	1 56	3	16×25	1	540		1.68/1.92	6.5	4	4	18	4.4×19.5*
	5	22	220	119				2	444		**1.81×6.4/ 2.08×6.67			2		2	1080		1.16/1.27	3.36			35	2.1×19.5*
Z2-92	4	30	110	323	并	29	1 8	1	174	2	**2-2.63×6.4/ 2-2.96×6.73	87	1 44	4	16×25	2	520		1.68/1.92	6.3	4	4	14	5.1×19.5*
	5	30	220	160				2	348		**2.63×6.4/ 2.96×6.73			2		4	940		1.20/1.31	3.74			24	2.83×19.5*
Z2-101	3	40	110	425	并	34	1—9	1	272	4	**2-1.68×6.4/ 2-2.0×6.72	136	±1	3	20×32	1	440		2-1.35/ 2-1.46	8.75	4	4	10	2-3.05×19.5*
	4	40	220	212				1	270	2	**2-1.68×6.4/ 2-2.0×6.72	135	1—68	2		2	880		1.40/1.51	4.63			20	3.05×19.5*
Z2-102	3	55	220	289	并	37	1 10	1	222	2	**2-1.95×6.4/ 2-2.28×6.73	111	1 56	2	20×32	1.5	810		1.40/1.51	4.82	4	4	16	4.1×19.5*
Z2-111	3	75	220	387	并	35	1—10	1	210	2	**2-3.05×6.4/ 2-3.38×6.73	105	1—53	2	25×32	1.5	780		1.56/1.68	5.58	4	4	16	5.5×19.5*

续表

型号	序号	功率/kW	电压/V	电流/A	励磁方式	电枢 槽数	电枢 槽节距	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 线规及牌号 QZ-2 /mm	换向器 换向片数	换向器 换向片节距 y_k	换向器 每杆电刷数	换向器 电刷 DS-4 (长×宽)	主极 每极匝数 串	主极 每极匝数 并	主极 线规及牌号 QZ/mm 串	主极 线规及牌号 QZ/mm 并	主极 并励绕组额定电流 /A	主极 极数	换向极 极数	换向极 每极匝数	换向极 线规与牌号 QZ /mm
转速 600r/min																								
Z2-91	6	17	110	193	并	29	1—8	1	290	2	2-1.56×6.4/2-1.83×6.67	145	1—73	3	16×25	1	620	与换向极同	1.56/1.69	5.3	4	4	23	3.28×19.5
	7	17	220	95.5				2	580		1.56×6.4/1.83×6.67			2		2	1000		1.16/1.27	3.394			44	1.56×19.5
Z2-92	6	22	110	242.5	并	37	1—10	1	222	2	2-1.95×6.4/2-2.22×6.67	111	1—56	3	16×25	2	520		1.68/1.92	6.14	4	4	18	3.8×19.5
	7	22	220	119.7				2	444		1.95×6.4/2.22×6.67			2		4	980		1.16/1.27	3.37			35	2.1×19.5
Z2-101	5	30	110	324.4	并	31	1—9	1	186	2	2-2.83×6.4/2-3.2×6.77	93	1—47	3	20×32	1	480		1.68/1.92	6.665	4	4	14	2-2.63×19.5
	6	30	220	161.5				2	372		2.83×6.4/3.2×6.77			2		2	950		1.20/1.30	3.42			27	2.63×19.5
Z2-102	4	40	110	431	并	34	1—9	1	272	4	2-1.68×6.4/2-2.00×6.72	136	±1	3	20×32	1	418		2-1.45/2-1.56	9.64	4	4	10	2-3.53×19.5
	5	40	220	214				1	270	2	2-1.68×6.4/2-2.00×6.72	135	1—68	2		2	792		1.45/1.56	5.28			20	3.53×19.5
Z2-111	4	55	220	289	并	43	1—12	1	258	2	2-2.26×6.4/2-2.59×6.73	129	1—65	2	25×32	2	840		1.56/1.68	5.315	4	4	18	4.7×19.5

注：有 * * 的为 SBECB 线。

20.2　Z4 系列直流电机技术数据（表 20-2）



表 20-2　Z4 系列直流电机技术数据

序号	机座号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	励磁电压/V	励磁电流/A	电枢 外径/mm	电枢 长度/mm	电枢 槽数	电枢 线规/根 mm	电枢 每槽线数	电枢 线圈总数	电枢 每圈匝数	电枢 绕组形式	电枢 槽节距	电枢 电阻20℃/Ω	气隙/mm 主极	气隙/mm 换向极	换向器 外径/mm	换向器 内径/mm	换向器 总长/mm	换向器 片数	电刷 牌号	电刷 尺寸(长×宽×高)/mm	励磁绕组 个数	励磁绕组 匝数	励磁绕组 线规/mm	换向极绕组 个数	换向极绕组 匝数	换向极绕组 线规/mm	绕组铜重/kg 电枢	绕组铜重/kg 励磁	绕组铜重/kg 换向极	轴承 前	轴承 后
1		2.2		17.9	1500		1.19				φ1.18	42		4,4,5,4,4			0.74			88/85		27					2400	φ0.42		98	φ2.0	1.9	3	1.9		
2		1.5	160	13.3	1000		1.39				φ1.0	58		6,6,5,6,6			1.43					40								136	φ1.7	2		2.3		
3	100-1	4		10.7	3000		1.39	105	110	17	φ0.95	64	5×17	6,7,6,7,6		1—9	1.75	1.1		95/85	44	44	85		10×12.5×25		1500	φ0.56		150	φ1.5	1.93	3.2	1.9	305	305
4		2.2	440	6.7	1500		1.39				φ0.71	116		12,11,12,11,12			5.68		2.8											271	φ1.12	2		2		
5		1.5		4.8	1000		1.39				φ0.63	160		16,16,16,16,16			9.95					40								374	φ0.95	2.2		1.9		
6		3	160	24	1500		1.84				2-φ1.0	34		3,4,3,4,3			0.487										1350	φ0.63		88	φ2.36	2.7		2.8		
7		2.2	220	14.4	1000		1.39				φ1.0	68		7,7,7,7,6			1.95										1700	φ0.56		175	φ1.7	2.6		2.8		
8		5.5		14.7	3000	180	1.56		100		φ1.12	54		5,6,5,6,5			1.23													139	φ1.8	2.67	3.7	2.54		
9		3	440	9.0	1500		1.56				φ0.85	98		10,10,9,10,10			3.88									2	1500	φ0.6	2	253	φ1.4	2.8		2.8		
10		2.2		7.1	1000		1.56				φ0.71	134		13,14,13,14,13			7.61				51									345	φ1.18	2.7		2.7		
11		4		31.3	1500		1.69	120			2-φ1.12	28		3,3,3,3,3			0.355										530	φ0.63		72	φ2.5			3		
12	112 2	3	160	24.8	1000		2.07			19	2 φ1.0	36	5×19	4,3,4,3,4		1—10	0.573	1.2	3	100/90			95		12.5×16×32		1200	φ0.67		92	φ2.24	3.1		3	306	306
13		7.5		19.7	3000		1.43				φ1.3	42		4,4,4,4,5	单叠		0.79					57		D374N			1500	φ0.6		108	φ2.0		4.2	2.8		
14		4		12.8	1500		1.69		130		φ1.0	70		7,7,7,7,7			2.23				67									180	φ1.6			3		
15		4	440	11.5	1500		1.69				φ0.95	76		8,7,8,7,8			2.68										1350	φ0.63		195	φ1.5	2.9		2.8		
16		4		11.5	1500	220	1.63				φ0.95	76		8,7,8,7,8			2.68				51						1500	φ0.60		195	φ1.5	3	4.5	2.9		
17		3		9.1	1000		2.07	130			φ0.8	102		10,10,11,10,10			5.07										1200	φ0.67		262	φ1.4	2.9	4.2	3.4		
18		5.5		42.5	1500		2.49				2-φ1.0	34		5,4,4,4			0.192													81	φ1.9	4.2	4.4	3.3		
19		4	160	35	1000		2.49				φ1.18	48		6,6,6,8			0.39										700	φ0.71		59	φ2.36	4.2	4.7	3.7		
20		11		28.8	3000		2.49		120		φ1.12	52		6,7,6,7			0.469													66	φ2.24	4.1	4.4	3.7		
21	112 4	5.5	440	15.4	1500	180	2.89	132		30	φ0.85	94	4×30	11,12,12,12		1—8	1.48	1.15	3.25	130/112	67		120		10×16×32	4			4	110	φ1.6	4.23	5	2.9	307	307
22		4		12.5	1000		2.89				φ0.71	132		16,17,16,17			2.96					36					600	φ0.75		156	φ1.35	4.1	4.8	3.2		
23		5.5	160	43.5	1000		3.09		160		2-φ1.0	34		5,4,4,4			0.221					57					600	φ0.8		81	φ1.9	4.5	5.6	3.7		
24		15	440	38.6	3000		3.09				2-φ0.95	38		5,5,5,4			0.273													45	φ2.5	4.9	5.5	3.8		

续表

序号	机座号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	励磁电压/V	励磁电流/A	电枢										气隙-mm		换向器				电刷		励磁绕组			换向极绕组			绕组铜重/kg			轴承	
								外径 mm	长度 mm	槽数	线规/根-mm	每槽线数	线圈总数	每圈匝数	绕组形式	槽节距	电阻20℃/Ω	主极	换向极	外径 mm	内径 mm	总长 mm	片数	牌号	尺寸(长×宽×高)/mm	个数	匝数	线规/mm	个数	匝数	线规/mm	电枢	励磁	换向极	前	后
25	112-4	7.5	440	20.6	1500	180	3.12	132	160	30	ϕ0.95	72	4×30	9、9、9、9	单叠	1 8	1.04	1.15	3.25	130/112	67	57	120	D374N	10×16×32	4	590	ϕ0.8	4	83	ϕ1.8	4.6	5.7	3.4	307	307
26		5.5		16	1000		3.09				ϕ0.85	98		12、12、12、13			1.15	1.2	3								600	ϕ0.8		114	ϕ1.6	5.1	5.5	4		
27	132-1	18.5		47.1	3000		2.79	160	130	34	2-ϕ1.06	34	4×34	4、4、4、5		1—9	0.222	1.25	3.75	155/125	75	70	136		12.5×20×32		750	ϕ0.8		86	ϕ2.12	6.2	6.8	4.6	308	308
28		11		29.6	1500		4.09				ϕ1.18	62		8、8、8、7			0.655										600	ϕ0.9		79	ϕ2.12	7	7.2	3.9		
29		7.5		21.6	1000		4.09				ϕ0.95	88		11、11、11、11			1.43					57					600	ϕ0.9		112	ϕ1.9	6.4	7.2	4		
30		7.5		21.4	1000	220	3.19				ϕ0.95	88		11、11、11、11			1.43					70					750	ϕ0.8		112	ϕ1.9	6.4	7.2	4.7		
31	132 2	22		55.3	3000		3.19		180		2-ϕ1.25	26		3、3、3、4			0.142										850	ϕ0.75		66	ϕ2.36	7.7	8.2	5.5		
32		15		40	1500	180	3.52				ϕ1.3	46		6、6、6、5			0.465								12.5×16×32		600	ϕ0.9		116	ϕ1.9	7.5	8.3	6.2		
33		11		30.7	1000		6.4				ϕ1.12	64		8、8、8、8			0.87					50			12.5×20×32		1070	ϕ0.67		80	ϕ2.24	7.6	8.2	6		
34	132 3	30		75	3000		4.45		240		3-ϕ1.18	18		2、2、2、3			0.0859					70					950	ϕ0.71		23	2.5×4.5	9	10	5.8		
35		18.5		48.5	1500		4.35				2-ϕ1.06	36		4、5、4、5			0.319										490	ϕ1.0		90	ϕ2.12	9.5	10	7.5		
36		15		41.7	1000		4.45				ϕ1.3	50		6、6、6、7			0.59										950	ϕ0.71		124	ϕ1.9	9.3	9.9	8.5		
37	160-1	37		93.4	3000		4.48	185	190	38	2 ϕ1.4	22	4×38	3、3、3、2		1—10	0.0265	2.1	4.9	175/145	97	77	152		12.5×25×32		600	ϕ1.06		63	2×4	10.5	12.9	9.4	310	210
38		22		58.8	1500		4.09				ϕ1.45	40		5、5、5、5			0.373	1.9	5.0								670	ϕ1.0		63	1.8×5	15.8	22.5	14.5	312	220
39	160-2	45		113	3000		3.7				3-ϕ1.25	18		2、2、2、3			0.0835	2.0	5.2			107					670	ϕ1.0		52	1.8×5	10	12.5	9.16	310	210
40		18.5		51	1000		5.18				2-ϕ0.95	46		5、6、6、6			0.554	2.1	5.2			70					570	ϕ1.12		133	ϕ2.12	10	17.7	13.9		
41	160-3	55		137	3000		4.01		240		3-ϕ1.35	14		2、2、2、1			0.062	1.7	5.1			77					600	ϕ1.06		40	2.5×5	10.3	14.6	11		
42		30		77.8	1500		4.01				ϕ1.7	28		4、3、4、3			0.236	2	5.1								600	ϕ1.06		40	2.5×5	11	14	11		
43		22		59.1	1000		5.56				ϕ1.5	38		5、5、5、4			0.412	2.1	4.9		75						510	ϕ1.18		54	1.8×5	11.8	14.8	11.5	308	308
44	180 1	37		95	1500		5.18		300		2-ϕ1.4	22		3、3、2、3			0.155	2.1	5.0		97						490	ϕ1.18		63	1.6×5	13.1	17.7	13.9	310	210
45		18.5		51.4	750		6.27	210	180		2-ϕ1.0	52	5×38	5、5、6、5、5			0.552	1.8	5.4	205/170	118	86	190				570	ϕ1.25		150	ϕ2.12	12.1	16.7	10.7	312	212
46		15		42.4	600		6.4		220		ϕ1.3	58		5、6、6、6、6			0.8	2.6	5.5			58			12.5×25×40		550	ϕ1.3		168	ϕ2.0	12.6	19.6	12		312
47	180-2	75		185	3000		6.12				2-1.25×4	10		1、1、1、1、1			0.0876	2.4	5			116	152				600	ϕ1.3		55	2.5×6.3	13.4	22	12.1		212
48		45		115	1500		6.4				3-ϕ1.18	24					0.135	2.3	5.7			86	190		12.5×25×32		720	ϕ1.3		35	3.15×5.6	14.5	19.6	13.7		312

续表

序号	机座号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	励磁电压/V	励磁电流/A	电枢 外径/mm	电枢 长度/mm	电枢 槽数	电枢 线规/根-mm	电枢 每槽线数	电枢 线圈总数	电枢 每圈匝数	电枢 绕组形式	电枢 槽节距	电枢 电阻20℃/Ω	气隙/mm 主极	气隙/mm 换向极	换向器 外径/mm	换向器 内径/mm	换向器 总长/mm	换向器 片数	电刷 牌号	电刷 尺寸(长×宽×高)/mm	励磁绕组 个数	励磁绕组 匝数	励磁绕组 线规/mm	换向极绕组 个数	换向极绕组 匝数	换向极绕组 线规/mm	补偿 个数	补偿 匝数	补偿 线规/根-mm	绕组铜重/kg 电枢	绕组铜重/kg 励磁	绕组铜重/kg 换向极	绕组铜重/kg 补偿	轴承 前	轴承 后
49		30		79	1000		6.4				2 φ1.25	34		3、4、3、4、3			0.254	2.0	5.3								550	φ1.3		49	2.5×5.0				13.7	19.6	13.4			
50	180-2	22		60.3	750		6.4		220		2 φ1.12	44		4、5、4、5、4			0.409	1.8	5.6								550	φ1.3		64	2×4.5				14.2	19.6	12.5			
51		18.5		52	600		6.4			38	2-φ1.0	52	5×38	5、5、6、5、5		1—10	0.607	2.3	5.4			86	190				510	φ1.4		75	2×4				13.4	27.1	12			
52		22		61.8	600	180	7.41	210	270		2-φ1.12	44		4、5、4、5、4			0.456	2.1	5.4	205/170	118				12.5×25×32		350	φ1.9		63	1.8×5				15.8	22.6	14.4		312	312
53	180-3	37		94.5	1000		7.58		400		3-φ1.25	20		2、2、2、2、2			0.14	2.3	5.8								420	φ1.5		40	3.15×5.6				17	30	18.4			
54		90		224	3000		6.8			42	2-1×4	8	4×42	1、1、1、1	单叠	1—11	0.082	2.8	6			116	168				480	φ1.4		25	2.24×6.3				14.6	27.2	10			
55	180 4	55		139	1500		8.45		330	33	2-1.25×4	10	5×33	1、1、1、1、1		1—9	0.0876	2.4	5			86	165				420	φ1.5		48	2.5×5				18	27	17			
56		30		79.5	750	110	14.2			38	φ1.8	30	4×38	3、4、4、4		1—10	0.27	2.3	5.4				152		12.5×20×32 16×25×40		260	φ1.9		43	3.15×4.5				15.6	27.1	18.3			
57		110		270	3000		7.17			46	2-1×5	8	4×46	1、1、1、1		1—12	0.0129	2.8	6			120	184				520	φ1.4		26	3.15×5.6				18	24	10			
58	200-1	45		118	1000		7.0		240	42	3-φ1.25	26	5×42	3、2、3、2、3		1—11	0.159	2.3	6.7	235/190	132	90	210				520	φ1.4		41	3.55×5.6				18.8	24	17.7			
59		37		99	750		9.0			33	2-1.25×5	20	5×33	2、2、2、2、2		1—9	0.249	2.8	7				165				460	φ1.5		50	3.15×5				20.3	24	18			
60		75		188	1500		7.58		280	31	2 1.4×5	10	5×31	1、1、1、1、1	单波		0.0561	2.3	6.5	235/160	110	116	155		12.5×25×32		500	φ1.5		23	2×16				21.5	29	21.5			
61	200 2	30	440	82	600		8.2	240		42	φ1.8	36	4×42	4、5、4、5		1—11	0.345	2.5	6.5	235/190	132	90	168	D374N		4	460	φ1.5	4	56	2.5×5.6				20	27.8	20.7			214
62		132		324	3000		6.21			38	2-1.4×5	8	4×38	1、1、1、1		1—10	0.015	3	7.5	235/160	110	142	152		16×25×40		520	φ1.4		43	2.24×5.6				24	30.4	16		314	
63		90		225	1500	180	9.63			47	2-1.6×5	6	3×47	1、1、1		1 13	0.0485	2.6	6.5			116	141				400	φ1.6		42	3.55×5.6				26.5	29	25			
64	200-3	55		141	1000		7.72		330	39	2-1×5	10	5×39	1、1、1、1、1	单叠	1 11	0.109	2.1	6.3	235/190	130	90	195		125×25×32		460	φ1.5		58	2.24×5.6				22.5	29	22			
65		45		120	750		7.47			42	3-φ1.25	42	5×42	3、2、3、2、3			0.189	2.7	7.1		132		210				460	φ1.5		41	3.55×5.6				22.8	30.9	24.8			
66		37		100	600		9.63			31	1.4×5	20	5×31	2、2、2、2、2		1—9	0.244	2.2	6	235/160	110	86	155				400	φ1.6		45	3.15×5.6				25	29	24			
67	225-1	110		276	1500		12.3			43	2-1.8×5	6	3×43	1、1、1		1—12	0.0406	3.1	8.5	235/180	120	156	129				410	φ1.8		19	2.5×16				27	36	22			
68		75		193	1000		12.4		290	39	2-1.25×5	10	5×39	1、1、1、1、1	单波	1—11	0.0879	3.0	7	250/212	150	120	195		16×25×40		410	φ1.8		28	1.8×6				28.6	36	24		316	216
69		55		149	600		12	260	340	43	1.6×5	12	3×43	1、1、1		1—12	0.195	3.1	7.0			86	129				390	φ1.8		39	3.55×7.1				26.4	38	33			
70	225-3	55		161	600	220	12.6		400	35	2-1.06×4.5	10	5×35	1、1、1、1、1	单叠	1—10	0.123	3.8	7	235/180	120	126	175		12.5×25×32		420	φ1.9		13	1.8×14	4	6	7-φ2.2	20.7	59.5	12.6	17.2	318	
71		45		123	600	180	10.6		290	43	1.4×5	12	3×43	2、2、2	单波	1—12	0.207	3.2	9			86	129		12.5×25×40		460	φ1.8		22	1.4×14	4	18	5-φ2.0	20.7	46	13.6	13.6		216
72		132		328	1500		13.1		400	38	2-1.12×5	10	5×38	1、1、1、1、1	单叠	1—10	0.0282	3.0	8.0	250/212	150	150	190		16×25×40		350	φ1.9		14	3.55×16				29	44	28		316	

续表

序号	机座号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	励磁电压/V	励磁电流/A	电枢 外径/mm	电枢 长度/mm	电枢 槽数	电枢 线规/根 mm	电枢 每槽线数	电枢 线圈总数	电枢 每圈匝数	电枢 绕组形式	电枢 槽节距	电枢 电阻 20℃/Ω	气隙/mm 主极	气隙/mm 换向极	换向器 外径/mm	换向器 内径/mm	换向器 总长/mm	换向器 片数	电刷 牌号	电刷 尺寸(长×宽×高)/mm	励磁绕组 个数	励磁绕组 匝数	励磁绕组 线规/mm	换向极绕组 个数	换向极绕组 匝数	换向极绕组 线规/mm	绕组铜重/kg 电枢	绕组铜重/kg 励磁	绕组铜重/kg 换向极	轴承 前	轴承 后
73	225-3	90		229	1000		13.3	260	400	51	2-1.6×5	6	3×53	1、1、1	单波	1—14	0.0629	3.8	8	250/180	120	150	153		12.5×25×32 16×25×40		350	φ1.9		23	2.24×16	34.5	43	31	316	
74		75		196	750		13.3			39	2-1.25×5.6	10	5×39	1、1、1、1、1	单叠	1—11	0.092	2.6	7.0	250/212	150	120	195							28	1.8×16	40	45	30		
75	250-1	160		400	1500		14.2		290	54	2-1.12×5	8	4×54	1、1、1、1		1　14	0.029	3.2	7.5	240/290	170	210	216		12.5×25×32		370			16	3.35×18	30.2	39	30		
76		110		282	1000		12.36			53	2-1.4×5.6	6	3×53	1、1、1			0.0603	3	7	250/212		156	159		16×25×40		390	φ1.8		23	2.24×20	32	39	32		
77	250-2	185		458	1500		15.6		340	46	2 1.25×5.6	8	4×46	1、1、1、1		1—12	0.0211	2.8	6.5	212/250		186	184				340	φ2.0		13	4×18	35	47	32		
78		90		234	750		13.5			57	2 1.25×5	6	3×57	1、1、1		1—10	0.0882	2.5	7.8		136	126	171				370	φ1.9		25	2×8	33.5	42.5	31		
79		75		200	600		16.1			41	2 1×5	10	5×41	1、1、1、1、1		1—11	0.133	2.9	7.5			126	205		12.5×25×32 16×25×40		330	φ2.0		30	1.7×18	28	42	33		216
80	250-3	200		492	1500		14.8	300	400	54	2 1.4×5.6	6	3×54	1、1、1		1　14	0.0179	3.1	7.5			186	162							23	2.24×18	37.5	47	38	318	
81		132		334	1000		14.8			46	2-1×4.5	10	5×46	1、1、1、1、1		1　12	0.0453	3	8.8	290/240	176	180	230		12.5×25×32					17	3.15×18	30	47	38		
82	250 4	110		283	750		16.9		470	49	2-1.8×5	6	3×49	1、1、1	单波	1- 13	0.0627	4.5	9	250/212	136	125	147		20×25×40		290	φ2.12		21	2.5×18	42	54	40		
83		220		541	1500		16.8			46	2-1.8×5		3×49	1、1、1	单叠	1—12	0.0147	3.1	8.5			186	138							20	2.5×18	40	52	40		
84		160		400	1000		16.8			54	2 1.25×5.6	8	4×54	1、1、1、1		1　14	0.0293	2.7	6.5	290/240	176	210	216							15	3.55×18	39	54	43		
85		90	440	236	600	180	16.8			53	2 1.25×5	6	3×53	1、1、1	单波	1—14	0.0971	3.3	7.5	250/212	136	120	159	D374N	16×25×40	4			4	23	2.24×18	32.3	52	42		
86	280-1	250		613	1500		17.2		340	54	2-1.8×5.6		3×54	1、1、1	单叠		0.0139	3.3	8.5	290/240	166	186	162		20×25×40		330			23	2.5×20	43	50	41		
87	280 2	280		685	1500		18.8		400	46	2-2.5×6		3×46	1、1、1		1　12	0.0104	3.2	9.5			221	139				310	φ2.24		20	2.8×20	53	58	45	320	218
88		200		500	1000		19			50	2-1.4×5	8	4×50	1、1、1、1		1　13	0.0265	3.9	11.5			186	200		16×25×40		300			15	4×20	43.6	60.7	48		
89		132		334	750		16.1			54	2 1.12×5	10	5×54	1、1、1、1、1		1—14	0.0451	3.1	11.3	330/270	188	150	270				330	φ2.12		20	2.8×20	37	55	45		
90		110		284	600		18.7			53	2-1.8×5	6	3×53	1、1、1	单波		0.0662	3.1	10.3			128	159				310	φ2.24		24	2.24×20	35	58	43		
91	280 3	315		768	1500		17.8	340	470	62	2-2.8×5	4	2×62	1、1	单叠	1—16	0.029	3.0	9.8	240	166	251	124		20×25×40		300			18	3.15×20	58.2	62	52		
92		220		547	1000		17.7			46	2-1.8×5	8	4×46	1、1、1、1		1—12	0.0208	3.4	9.1			186	184							13	4.5×20	55.4	61	53		
93		160		404	750		17.6			58	2-1.25×5		4×58	1、1、1、1		1—15	0.0375	3.5	10.5	270/330	188	210	232		16×25×40					17	3.55×20	48.8	65	57.5		
94		132		339	600		17.7			49	2 2.24×5	6	4×49	1、1、1	单波		0.0529	3.3	9			156	147							21	2.8×20	55.5	62	53		
95	280-4	250		618	1000		19.6		550	50	2-2×5		3×50	1、1、1	单叠	1—15	0.0166	3	11	240	166	251	150				270	φ2.36		22	2.65×20	55	69	66		
96		185		466	750		19.6			50	2 1.4×5	8	4×50	1、1、1、1			0.0313	3.5	8.8			186	200		20×25×40					14	4×20	51.6	69	57		

续表

序号	机座号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	励磁电压/V	励磁电流/A	电枢 外径/mm	电枢 长度/mm	电枢 槽数	电枢 线规/根-mm	电枢 每槽线数	电枢 线圈总数	电枢 每圈匝数	电枢 绕组形式	电枢 槽节距	电枢 电阻20℃/Ω	气隙/mm 主极	气隙/mm 换向极	换向器 外径/mm	换向器 内径/mm	换向器 总长/mm	换向器 片数	电刷 牌号	电刷 尺寸(长×宽×高)/mm	励磁绕组 个数	励磁绕组 匝数	励磁绕组 线规/mm	换向极绕组 个数	换向极绕组 匝数	换向极绕组 线规/mm	补偿 个数	补偿 匝数	补偿 线规/根-mm	绕组铜重/kg 电枢	绕组铜重/kg 励磁	绕组铜重/kg 换向极	绕组铜重/kg 补偿	轴承 前	轴承 后
97		280		694	1000		16.6			54	2-2.24×5	6	3×54	1,1,1		1—14	0.0146	3.6	13.5	240	166	251	162		20×25×40		340	φ2.36		11	3.55×18		12	12-φ2.12	61	86	33	34		
98	315-1	200		501	1500		21.4			50	2-1.4×5.6	8	4×50	1,1,1,1		1—13	0.0256	4	13.8			221	200		16×25×40		580	φ1.8		18	2.24×18		12	10-φ2.12	54	85	34	29		
99		160		407	600		21.4		470	50	2-1.25×6	10	5×50	1,1,1,1,1		1—13	0.036	3.4	11.8	270/330	188	180	250		16×25×40		580	φ1.8		9	4.5×18		9	16-φ2.12	59.2	85	34	34		
100		315		865	1000		13.7			62	2 3.15×5.6	4	2×62	1,1		1 16	0.00708	4	13.8			281	124		20×25×40		380	φ2.24		9	4×18				74	90	30.3			
101	315 2	250		624	750		24			58	2 1.8×5.6	6	3×58	1,1,1		1 15	0.019	3.6	11			251	174		16×25×40		520	φ1.9		13	3.15×18		12	12-φ2.12	64.2	94	39	39.8		
102		185		468	600		20	340	550	54	2-1.4×5.6	8	4×54	1,1,1,1		1 14	0.0301	3.4	13.5			186	216		16×25×40		580	φ1.8		17	2.5×18		15	12 φ1.9	63	94	41	38	321	220
103	315-3	355		865	1500		13.7		470	62	2-3.15×5.6	4	2×62	1,1		1 16	0.00708	4	13.8	240	166	281	124		20×25×40		380	φ2.24		9	4×18		9	16 φ2.12	74	90	30.3	34		
104		200		502	600		22.4		640	46	2-1.6×5	8	4×46	1,1,1,1		1—12	0.0275	3.9	14			221	184		16×25×40		520	φ1.9		15	2.8×18		12	11-φ2.1	60	105	45	37		
105		400		972	1000		20.9			50	2-3.15×5.6	4	2×50	1,1		1—13	0.00744	3.0	10.3			281	100		20×25×40		520	φ1.9		8	2-2.5×18		9	22-φ2.12	72.5	120	45	42		
106	315 4	250	440	629	600	180	25		740	58	2-2×5.6	6	3×58	1,1,1	单叠	1 15	0.0205	4.1	13			221	174	D374N	20×25×40	4	470	φ2.0	4	25	1.6×18	4	24	6-φ2.12	85.4	120	49	45		
107		315		779	750		29.8			46	2.28×5	6	3×46	1,1,1		1 12	0.013	4	14			251	138		20×25×40		420	φ2.12		21	2×18		18	8-φ2.12	84.5	115	51	45		
108		450		1095	1000		21.3			58	2 3.55×5.6	4	2×58	1,1		1—15	0.00671	4.1	15.5			311	116		20×25×40		590	φ1.9		8	5×20		9	22-φ2.12	90	112	43	55		
109		355		875	750		25.1			50	2-2.8×5.6	6	3×50	1,1,1		1- 13	0.011	4.0	15.0			311	150		20×25×40		540	φ2.0		19	2.5×20		24	8-φ2.12	90.5	114	52	54		224
110	355-1	280		696	600		24.8		550	62	2 2.24×5.6	6	3×62	1,1,1		1 16	0.0171	3.4	13	270	188	221	186		20×25×40		540	φ2.0		14	3.55×20		12	16-φ2.12	90.6	114	54	54		
111		200		509	500		17.3			58	2-1.8×5	8	4×58	1,1,1,1		1 15	0.03	3.5	13.6			221	232		16×25×40		320	φ2.5		15	2.8×20		18	11-φ2.12	70.1	105	49	56	324	
112		400		978	750		34.3	390		62	2-3.15×5.6	4	2×62	1,1		1 16	0.00883	3.5	15.5			311	124		20×25×40		430	φ2.24		18	2.5×20		18	11-φ2.2	92.2	131	55	60		218
113	355-2	315		783	600		19.8		640	54	2-5.6×25	6	3×54	1,1,1		1 14	0.0147	3.8	13	330/270		251	162		20×25×40		590	φ1.9		11	4×20		12	16-φ2.12	95.1	124	54	58		224
114		250		631	500		23.5			62	2-2×5	6	3×62	1,1,1		1 16	0.0235	4	14	270	188	251	186		16×25×40		540	φ2.0		12	4×20		15	13-φ2.12	78	131	59	59		
115	355-4	400		985	600		35.4		850	58	2-3.15×5.6	4	2×58	1,1		1- 15	0.0098	3.7	15.5			311	116		20×25×40		390	φ2.36		8	5×20		6	24-φ2.12	72.5	120	45	42	321	220

20.3 常用直流电机电磁线代用速查表（表 20-3）

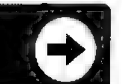


表 20-3 常用直流电机电磁线代用速查表（220V，1500r/min）

型号	额定功率/kW	额定电流/A	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用导线规格											
								第 1 种				第 2 种				第 3 种			
				电枢总导体数	每极匝数	线规/根-mm 或 a×b	截面积/mm²	并绕根数	线规/根-mm 或 a×b	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/根-mm 或 a×b	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/根-mm 或 a×b	截面积/mm²	误差/%
Z2-11	0.4	2.68	电枢	2464		1-0.53	0.221	2	1-0.35 1-0.40	0.2219	0.41	2	1-0.33 1-0.41	0.2175	-1.98				
			并励		3800	1-0.27	0.0573	2	1-0.18 1-0.20	0.0569	0.75	2	2-0.19	0.0567	-1.05				
			串励		72	1-0.96	0.724	2	1-0.64 1-0.71	0.718	-0.83	2	1-0.67 1-0.69	0.727	0.41				
			换向		480														
Z2-12	0.6	3.82	电枢	1792		1-0.62	0.302	2	2-0.44	0.3042	0.73	2	1-0.42 1-0.45	0.2987	-1.09				
			并励		3140	1-0.31	0.0755	2	1-0.21 1-0.23	0.0762	0.93	2	1-0.18 1-0.25	0.0746	-1.26				
			串励		34	1-1.08	0.916	2	1-0.75 1-0.77	0.906	-1.09	2	1-0.72 1-0.80	0.910	-0.66				
			换向		345														
Z2-21	0.8	4.92	电枢	1800		1-0.74	0.43	2	1-0.47 1-0.57	0.4285	-0.35	2	1-0.50 1-0.55	0.4344	1.02				
			并励		3700	1-0.33	0.0855	2	1-0.19 1-0.27	0.0857	0.18	2	1-0.16 1-0.29	0.0862	0.83				
			串励		40	1-1.35	1.431	2	1-0.95 1-0.96	1.434	0.21	2	1-0.86 1-1.04	1.430	-0.07				
			换向		352														
Z2 22	1.1	6.5	电枢	1296		1-0.86	0.581	2	2-0.61	0.584	0.52	2	1-0.57 1-0.64	0.577	-0.69				
			并励		3000	1-0.41	0.132	2	2-0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1-0.35	0.1308	0.88				
			串励		24	1-1.45	1.651	2	1-0.96 1 1.08	1.64	-0.67	2	1-0.93 1-1.12	1.664	0.79				
			换向		230														

续表

型号	额定功率/kW	额定电流/A	绕组种类	原绕组主要数据：电枢总导体数	原绕组主要数据：每极匝数	原绕组主要数据：线规/根-mm或 $a\times b$	原绕组主要数据：截面积/mm²	第1种：并绕根数	第1种：线规/根-mm或 $a\times b$	第1种：截面积/mm²	第1种：误差/%	第2种：并绕根数	第2种：线规/根-mm或 $a\times b$	第2种：截面积/mm²	第2种：误差/%	第3种：并绕根数	第3种：线规/根-mm或 $a\times b$	第3种：截面积/mm²	第3种：误差/%
Z2-31	1.5	8.7	电枢	1336		1-1.0	0.785	2	1-0.69 1-0.72	0.781	−0.51	2	2-0.71	0.792	0.89				
			并励		3160	1-0.38	0.1134	2	2-0.27	0.1146	1.06	2	1-0.15 1-0.35	0.1139	0.41				
			串励		30	1-1.0 ×2.44	2.44	1	1-0.95 ×2.5	2.375	−2.67	1	1-0.9 ×2.65	2.385	- 2.25				
			换向		240														
Z2-32	2.2	12.35	电枢	972		1-1.2	1.131	2	2-0.85	1.14	0.80	2	1-0.83 1-0.86	1.122	0.80				
			并励		2940	1 0.41	0.132	2	2-0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1-0.35	0.1308	0.88				
			串励		24	1-1.07 ×3.28	3.51	1	1-1.0 ×3.55	3.55	1.14	1	1-0.9 ×4.0	3.60	2.56				
			换向		174														
Z2-41	3	17	电枢	972		1-1.25	1.227	2	1-0.86 1-0.90	1.217	−0.81	2	1-0.83 1-0.93	1.22	−0.57				
			并励		2790	1-0.44	0.1521	2	2-0.31	0.151	−0.72	2	1-0.29 1-0.33	0.1516	−0.33				
			串励		12	1-1.0 ×4.7	4.7	1	1-0.95 ×5.0	4.75	1.06	1	1-0.9 ×5.3	4.77	1.49				
			换向		34														
Z2-42	4	22.3	电枢	756		1-1.45	1.651	2	1-0.96 1-1.08	1.64	−0.67	2	1-1.00 1-1.06	1.668	1.03				
			并励		1570	1-0.49	0.1886	2	1-0.31 1-0.38	0.1889	0.16	2	1-0.28 1-0.40	0.1873	−0.69				
			串励		6	1-1.16 ×4.7	5.452	1	1.12×4.75	5.32	−2.42	1	1-1.25 ×4.25	5.3125	−2.56				
			换向		58														

续表

型号	额定功率/kW	额定电流/A	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用导线规格											
								第 1 种				第 2 种				第 3 种			
				电枢总导体数	每极匝数	线规/根-mm 或 a×b	截面积/mm²	并绕根数	线规/根-mm 或 a×b	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/根-mm 或 a×b	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/根-mm 或 a×b	截面积/mm²	误差/%
Z2-51	5.5	30.3	电枢	744		1-1.68	2.22	2	1-1.13 1-1.25	2.229	0.41	2	1-1.06 1-1.30	2.21	−0.45				
			并励		1780	1-0.51	0.204	2	1-0.29 1-0.42	0.2046	0.29	2	1-0.31 1-0.40	0.2012	−1.37				
			串励		8	1-1.25 ×4.7	5.875	1	1-1.18 ×5.0	5.90	0.43	1	1-1.12 ×5.3	5.936	1.04				
			换向		57														
Z2-52	7.5	41.1	电枢	496		2-1.35	2.862	2	1-1.18 1-1.50	2.860	−0.07	2	1-1.30 1-1.40	2.866	0.14				
			并励		1390	1-0.62	0.302	2	2 0.44	0.3042	0.73	2	1-0.42 1-0.45	0.2987	−1.09				
			串励		4	1-1.68 ×4.7	7.896	1	1-1.4 ×5.6	7.84	0.71	1	1-1.6 ×5.0	8.0	1.31				
			换向		38														
Z2-61	10	53.8	电枢	558		2-1.56	3.822	3	1-1.12 2-1.35	3.847	0.65	3	2-1.18 1 1.45	3.837	0.39				
			并励		1800	1 0.67	0.353	2	1 0.45 1-0.49	0.3488	−1.19	2	1-0.41 1-0.53	0.353	0				
			串励		6	1-1.68 ×6.4	10.752	1	1-1.6 ×6.7	10.72	−0.30	1	1-1.7 ×6.3	10.71	−0.39				
			换向		44														
Z2-62	13	69.5	电枢	434		3-1.56	5.733	3	2-1.5 1-1.68	5.754	0.37	4	2-1.30 2-1.40	5.732	−0.02				
			并励		1530	1-0.69	0.374	2	2-0.49	0.3772	0.86	2	1-0.44 1-0.53	0.3731	−0.24				
			串励		8	1-2.26 ×6.4	14.464	1	1-1.8 ×8.0	14.4	−0.44	1	1-2.0 ×7.1	14.2	−1.83				
			换向		35														

续表

型号	额定功率/kW	额定电流/A	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用导线规格											
								第1种				第2种				第3种			
				电枢总导体数	每极匝数	线规/根-mm或 $a\times b$	截面积/mm²	并绕根数	线规/根-mm或 $a\times b$	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/根-mm或 $a\times b$	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/根-mm或 $a\times b$	截面积/mm²	误差/%
Z2-71	17	90	电枢	396		1-1.45×4.7	6.815	1	1-1.5×4.5	6.75	−0.95	1	1-1.6×4.25	6.8	−0.22	1	1 1.7×4.0	6.8	−0.22
			并励		1100	1-0.8	0.503	2	1-0.56 1 0.57	0.501	−0.40	2	1-0.53 1-0.60	0.504	0.20	2	1-0.51 1-0.62	0.506	0.60
			串励		4	1-3.53×6.1	21.533	1	1-2.5×8.5	21.25	−1.31	1	1-2.36×9.0	21.24	−1.36	1	1-2.24×9.5	21.28	−1.17
			换向		30														
Z2 72	22	115.4	电枢	324		1-1.81×4.7	8.507	1	1-2.0×4.25	8.50	−0.08	1	1-1.9×4.5	8.55	0.51	1	1 1.7×5.0	8.50	−0.08
			并励		1050	1-0.77	0.466	2	1-0.53 1-0.56	0.467	0.21	2	1-0.50 1·0.59	0.4694	0.73	2	1-0.47 1-0.61	0.4655	−0.11
			串励		3	1 1.95×12.5	24.375	1	1-2.65×9.0	23.85	2.15	2	2-2.0×6.0	24.0	−1.54	2	2-1.8×6.7	24.12	- 1.05
			换向		25														
Z2-81	30	156.9	电枢	324		1-2.83×4.7	13.301	1	1-2.8×4.75	13.3	0.01	1	1-2.65×5.0	13.25	−0.38	1	1-2.5×5.3	13.25	−0.38
			并励		1150	1-0.90	0.636	2	1-0.60 1-0.67	0.636	0	2	1-0.63 1-0.64	0.6336	−0.38	2	1-0.51 1 0.74	0.634	−0.31
			串励		3	1 2.1×14.5	30.45	2	2-1.9×8.0	30.4	−0.16	2	2-1.8×8.5	30.6	0.49	2	2-1.7×9.0	30.6	0.49
			换向		25														
Z2-82	40	208	电枢	210		2·1.68×4.7	15.792	1	1-2.0×8.0	16.0	1.32	1	1-2.24×7.1	15.9	0.71	1	1-2.5×6.3	15.75	−0.27
			并励		1000	1-1.16	1.057	2	1-0.77 1-0.86	1.047	· 0.95	2	1-0.80 1-0.83	1.044	−1.23	2	1-0.74 1-0.90	1.066	0.85
			串励		2	1-3.05×14.5	42.225	2	2 2.8×8.0	44.8	1.30	2	2-2.5×9.0	45	1.75	2	2 2.24×10	44.8	1.30
			换向		17														

第21章 单相串励电机技术数据

21.1 G系列单相串励电机技术数据（表21-1）

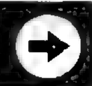


表21-1 G系列单相串励电机技术数据

型号	功率/W	电压/V	额定电流/A	转速/(r/min)	定子铁芯			气隙/mm	转子槽数	磁极绕组		转子绕组					堵转电流额定电流/倍数	堵转转矩额定转矩/倍数
					外径	内径	长度			线规/mm	每极匝数	线规/mm	线圈匝数	线圈节距	换向片数	换向器节距		
					mm													
G-3614	8	220	0.14	4000	56	30	18	0.3	8	0.14	1010	0.09	214	1—4	24	1—2	2.5	1.5
G-3624	15	220	0.22	4000	56	30	30	0.3	8	0.18	685	0.12	137	1—4	24	1—2	2.5	1.5
G-3634	25	220	0.32	4000	56	30	38	0.3	8	0.23	536	0.15	104	1—4	24	1—2	2.5	1.5
G-3616	15	220	0.20	6000	56	30	18	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1—2	3.5	1.8
G-3626	25	220	0.29	6000	56	30	30	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1—2	3.5	1.8
G-3636	40	220	0.42	6000	56	30	38	0.3	8	0.25	470	0.17	77	1—4	24	1—2	3.5	1.8
G-3618	25	220	0.28	8000	56	30	18	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1—2	4.5	3.0
G-3628	40	220	0.40	8000	56	30	30	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1—2	4.5	3.0
G-3638	60	220	0.57	8000	56	30	38	0.3	8	0.29	445	0.20	62	1—4	24	1—2	4.5	3.0
G-36112	40	220	0.37	12000	56	30	18	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1—2	6.0	4.5
G-36212	60	220	0.53	12000	56	30	30	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1—2	6.0	4.5
G-36312	90	220	0.77	12000	56	30	38	0.3	8	0.33	366	0.23	47	1—4	24	1—2	6.0	4.5
G-4514	40	220	0.45	4000	71	39		0.35	12		—	—	-	—	36	1—2	2.5	1.7
G-4524	60	220	0.64	4000	71	39	40	0.35	12	0.31	362	0.21	51	1—6	36	1—2	2.5	1.7
G-4534	90	220	0.91	4000	71	39	50	0.35	12	0.38	290	0.25	39	1—6	36	1—2	2.5	1.7
G-4516	60	220	0.59	6000	71	39		0.35	12	—	-	-	—	-	36	1—2	3.5	2.5
G-4526	90	220	0.85	6000	71	39	40	0.35	12	—	-	-	—	—	36	1—2	3.5	2.5
G-4536	120	220	1.08	6000	71	39	50	0.35	12	0.41	240	0.27	33	1—6	36	1—2	3.5	2.5
G-4518	90	220	0.82	8000	71	39		0.35	12		—	—	—	1—6	36	1—2	4.5	4.0
G-4528	120	220	1.03	8000	71	39	40	0.35	12	—	—	—	—	1—6	36	1—2	4.5	4.0
G-4538	180	220	1.50	8000	71	39	50	0.35	12	0.44	195	0.31	26	1—6	36	1—2	4.5	4.0
G-45112	120	220	0.99	12000	71	39		0.35	12		—	-		1—6	36	1—2	6.0	6.0
G-45212	180	220	1.43	12000	71	39	40	0.35	12	0.44	192	0.31	25	1—6	36	1—2	6.0	6.0
G-45312	250	220	1.93	12000	71	39	50	0.35	12	0.51	167	0.38	19	1—6	36	1—2	6.0	6.0
G-5614	120	220	1.15	4000	90	50	35	0.50	13	0.44	266	0.29	42	1—7	39	1—2	6.0	2.0
G-5624	180	220	1.70	4000	90	50	50	0.50	13	0.53	195	0.35	29	1—7	39	1—2	2.5	2.0
G-5634	250	220	2.32	4000	90	50	65	0.50	13	0.59	152	0.41	22	1—7	39	1—2	2.5	2.0
G-5616	180	220	1.60	6000	90	50	35	0.50	13	0.49	243	0.33	31	1—7	39	1—2	3.5	3.0
G-5626	250	220	2.05	6000	90	50	50	0.50	13	0.57	179	0.41	22	1—7	39	1—2	3.5	3.0
G-5636	370	220	3.02	6000	90	50	65	0.50	13	0.67	144	0.47	16	1—7	39	1—2	3.5	3.0
G-5618	250	220	2.08	8000	90	50	35	0.50	13	0.55	226	0.38	24	1—7	39	1—2	4.5	5.0
G-5628	370	220	2.90	8000	90	50	50	0.50	13	0.64	166	0.47	17	1—7	39	1—2	4.5	5.0
G-5638	550	220	4.05	8000	90	50	65	0.50	13	0.77	123	0.55	12	1—7	39	1—2	4.5	5.0
G-7114	370	220	3.32	4000	120	69	42	0.9	19	0.69	156	0.49	17	1—10	57	1—2	2.5	2.0
G-7124	550	220	4.92	4000	120	69	60	0.9	19	0.83	112	0.59	12	1—10	57	1—2	2.5	2.0
G-7134	750	220	6.7	4000	120	69	—	0.9	19	—	-	—	—	—	—	1—2	2.5	2.0
G-7116	550	220	4.1	6000	120	69	42	0.9	19	0.77	132	0.55	13	1—10	57	1—2	3.5	3.5
G-7126	750	220	5.5	6000	120	69	60	0.9	19	0.93	100	0.64	9	1—10	57	1—2	3.5	3.5

21.2　G型单相串励电机技术数据（表21-2）



表21-2　G型单相串励电机技术数据

型号	功率/W	电压/V	额定电流/A	转速/(r/min)	定子铁芯 外径/mm	定子铁芯 内径/mm	定子铁芯 长度/mm	气隙/mm	转子槽数	磁极绕组 线规/mm	磁极绕组 每极匝数	转子绕组 线规/mm	转子绕组 线圈匝数	转子绕组 线圈节距	转子绕组 换向片数	转子绕组 换向器节距	堵转电流/额定电流/倍数	堵转转矩/额定转矩/倍数
G25/40	25	220	—	4000	71.3	39.3	20	0.4	11	0.21	690	0.14	84	1—6	33	1—2	—	—
G30/40	30	220	—	4000	71.3	39.3	25	0.4	11	0.27	486	0.17	74	1—6	33	1—2	—	—
G40/40	40	220	—	4000	71.3	39.3	25	0.4	11	0.27	486	0.17	76	1—6	33	1—2	—	—
G60/40	60	220	—	4000	71.3	39.3	36	0.4	11	0.29	358	0.21	53	1—6	33	1—2	—	—
G80/40	80	220	—	4000	71.3	39.3	44	0.4	11	0.33	310	0.23	46	1—6	33	1—2	—	—
G90/40	90	220	—	4000	71.3	39.3	53	0.4	11	0.35	286	0.25	39	1—6	33	1—2	—	—
G120/40	120	220	—	4000	90	51.3	40	0.45	19	0.41	282	0.29	37	1—10	38	1—2	—	—
G180/40	180	220	—	4000	90	51.3	55	0.45	19	0.53	182	0.38	29	1—10	38	1—2	—	—
G250/40	250	220	—	4000	90	51.3	68	0.45	19	0.59	146	0.41	18	1—10	38	1—2	—	—

21.3　U型单相串励电机技术数据（表21-3）

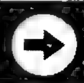


表21-3　U型单相串励电机技术数据

型号	功率/W	电压/V	转速/(r/min)	定子铁芯 外径/mm	定子铁芯 内径/mm	定子铁芯 长度/mm	气隙/mm	转子槽数	磁极绕组 线规/mm	磁极绕组 每极匝数	转子绕组 线规/mm	转子绕组 线圈匝数	转子绕组 线圈节距	转子绕组 换向片数	转子绕组 换向器节距
U15/40-220	15	220	4000	65	33.5	36	0.45	10	0.2	740	0.15	110	1—5	20	1—2
U15/56-220D	15	220	5600	55	29	22	0.35	10	0.19	600	0.13	110	1—5	20	1—2
U30/40-220	30	220	4000	84	45.3	25	0.45	12	0.25	575	0.18	62	1—6	36	1—2
U40/36-24D	40	24	3600	84	45.3	38	0.45	12	0.86	76	0.64	7	1—6	24	1—2
U40/36-110D	40	110	3600	84	45.3	38	0.45	12	0.41	350	0.33	34	1—6	24	1—2
U55/45-220D	55	220	4500	84	45.3	38	0.45	12	0.38	360	0.25	50	1—6	24	1—2
U80/50-110D	80	110	5000	84	45.3	60	0.45	12	0.49	220	0.41	13	1—6	36	1—2
U80/50-220D	80	220	5000	84	45.3	60	0.45	12	0.35	435	0.29	27	1—6	36	1—2
U120/40 220	120	220	4000	94	51.6	60	0.55	16	0.44	220	0.31	23	1—8	48	1—2
U180/40-220	180	220	4000	94	51.6	75	0.55	16	0.53	160	0.35	20	1—8	48	1—2

21.4　SU型交、直流两用串励电机技术数据（表21-4）

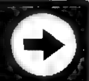


表21-4　SU型交、直流两用串励电机技术数据

型号	功率/W 交流	功率/W 直流	电压/V 交流	电压/V 直流	转速/(r/min)	定子铁芯 外径/mm	定子铁芯 内径/mm	定子铁芯 长度/mm	气隙/mm	转子槽数	磁极绕组 线规/mm 交流	磁极绕组 线规/mm 直流	磁极绕组 每极匝数	转子绕组 线规/mm	转子绕组 线圈匝数	转子绕组 线圈节距	转子绕组 换向片数	转子绕组 换向器节距
SU-1	80	100	110	110	2500	94	51.6	60	0.55	16	0.62	0.49	交流 111	0.47	12	1—8	48	1—2
SU-1C	80	100	110	110	2500	94	51.6	60	0.55	16	0.62	0.49	直流 209	0.47	12	1—8	48	1—2
SU-2	80	100	220	220	2500	94	51.6	60	0.55	16	0.44	0.35	交流 219	0.33	25	1—8	48	1—2
SU-2C	80	100	220	220	2500	94	51.6	60	0.55	16	0.44	0.35	直流 441	0.33	25	1—8	48	1—2

21.5　DT 系列电动工具用单相串励电机技术数据（表 21-5）



表 21-5　DT 系列电动工具用单相串励电机技术数据

型号	功率/W	电压/V	额定电流/A	转速/(r/min)	定子外径	转子外径	铁芯长度	气隙/mm	转子槽数	磁极绕组		转子绕组				
					mm					线规/mm	每极匝数	线规/mm	线圈匝数	线圈节距	换向片数	换向器节距
DT-21	60	220	0.679	14000	50	28.3	28	0.35	9	0.27	323	0.18	50	1—5	27	1—2
DT-22	90	220	0.879	14000	50	28.3	34	0.35	9	0.31	286	0.21	41	1—5	27	1—2
DT-23	120	220	1.07	14000	50	28.3	42	0.35	9	0.33	239	0.23	33	1—5	27	1—2
DT-23S	120	220	1.07	14000	50	28.1	42	0.45	9	0.33	222	0.23	33	1—5	27	1—2
DT-31	120	220	1.073	13000	56	30.3	38	0.35	9	0.33	237	0.23	36	1—5	27	1—2
DT-32	150	220	1.232	13000	56	30.3	42	0.35	9	0.38	218	0.25	32	1—5	27	1—2
DT-31S	120	220	1.05	13000	56	30.1	38	0.45	9	0.33	224	0.23	36	1—5	27	1—2
DT-41	150	220	1.242	12000	62	34.2	32	0.4	9	0.38	252	0.25	37	1—5	27	1—2
DT-42	180	220	1.421	12000	62	34.2	36	0.4	9	0.41	227	0.27	33	1—5	27	1—2
DT-42S	180	220	1.403	12000	62	34	36	0.5	9	0.41	224	0.27	33	1—5	27	1—2
DT-51	210	220	1.569	11000	71	38.1	38	0.45	11	0.47	191	0.31	24	1—6	33	1—2
DT-52	250	220	1.95	11000	71	38.1	44	0.45	11	0.49	167	0.35	21	1—6	33	1—2
DT-51S	210	220	1.52	11000	71	37.8	38	0.6	11	0.47	197	0.31	24	1—6	33	1—2
DT-61	300	220	2.318	10000	80	44	38	0.5	11	0.55	168	0.38	22	1—6	33	1—2
DT-62	350	220	2.62	10000	80	44	42	0.5	11	0.57	154	0.41	20	1—6	33	1—2
DT-61S	300	220	2.3	10000	80	43.7	38	0.65	11	0.55	165	0.38	22	1—6	33	1—2
DT-71	400	220	3.03	9000	90	49.8	44	0.6	19	0.62	144	0.44	16	1—10	38	1—2
DT-72	500	220	3.72	9000	90	49.8	52	0.6	19	2-0.49	133	1-0.49	13	1—10	38	1—2
DT-71S	400	220	3.06	9000	90	49.5	44	0.75	19	1-0.62	144	1-0.44	16	1—10	38	1—2
DT-81	600	220	4.44	8000	102	56.6	48	0.7	19	2-0.55	116	1-0.57	14	1—10	38	1—2
DT-82	800	220	5.95	8000	102	56.6	64	0.7	19	2-0.62	96	2-0.47	10	1—10	38	1—2
DT-81S	600	220	4.39	8000	102	56.6	48	0.85	19	2-0.55	112	1-0.57	14	1—10	38	1—2

21.6　电动工具用单相交、直流两用串励电机技术数据（表 21-6）



表 21-6　电动工具用单相交、直流两用串励电机技术数据

定子冲片外径/mm	功率/W	电压/V	额定电流/A	转速/(r/min)	定子铁芯			气隙/mm	转子槽数	磁极绕组		转子绕组				
					外径	内径	长度			线规/mm	每极匝数	线规/mm	线圈匝数	线圈节距	换向片数	换向器节距
					mm											
ϕ56	140	220	1	14000	56	31	38	0.35	9	1-0.33	247	0.23	36	1—5	27	1—2
	204	220	1.57	14300	56	31	50	0.35	9	1-0.38	197	0.27	27	1—5	27	1—2
ϕ71	275	220	2.1	12100	71	39	44	0.45	11	1-0.49	185	0.33	20	1—6	33	1—2
	385	220	2.71	13200	71	39	52	0.45	11	1-0.55	138	0.38	17	1—6	33	1—2
ϕ90	550	220	4.1	9900	90	51	52	0.6	19	2-0.49	134	0.49	13	1—10	38	1—2
	770	220	5.42	13200	90	51	52	0.6	19	2-0.55	116	0.57	10	1—10	38	1—2
	1250	220	8.05	12500	90	51	76	0.6	19	2-0.64	80	0.64	8	1—9	38	1—2

21.7 电动工具用单相串励电机技术数据（表21-7）



表21-7 电动工具用单相串励电机技术数据

定子冲片外径/mm	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	输出功率/W	转速/(r/min)	铁芯长度/mm	气隙/mm	定子绕组 线规/mm	定子绕组 每极匝数	转子绕组 线规/mm	转子绕组 线圈匝数	转子绕组 换向片数	转子绕组 换向器节距	电刷尺寸 长/mm	电刷尺寸 宽/mm	电刷尺寸 高/mm	轴承型号 轴伸端	轴承型号 后罩端
φ56	220	0.78	165	90	10000	38	0.35	0.33/0.28	310	0.25/0.21	46	27	1—2	6.5	4	12.5	60027	60026
	220	1.10	230	120	13000	38	0.35	0.38/0.33	248	0.28/0.23	36	27	1—2	6.5	4	12.5	60028	60026
	36	5.60	185	92	10000	38	0.35	2-0.63/2-0.56	40	0.63/0.56	7	27	1 2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	1.20	250	140	14000	38	0.35	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1—2	6.5	4	10	60028	60026
	220	1.75	370	220	14000	55	0.35	0.47/0.41	175	0.34/0.29	25	27	1—2	6.5	4	13	60029	60027
	220	1.40	280	160	15000	38	0.35	0.41/0.35	240	0.30/0.25	31	27	1 2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	1.10	250	140	14000	38	0.35	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1—2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	0.8	140	80	8000	38	0.35	0.34/0.29	315	0.23/0.19	53	27	1—2	6.5	4	12.5	60027	60027
	220	1.78	380	230	14300	55	0.35	0.47/0.41	175	0.34/0.29	25	27	1 —2	6.5	4	12.5	60029	60027
	220	1.10	240	140	14000	38	0.35	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1 -2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	0.79	140	80	8000	38	0.35	0.34/0.29	315	0.23/0.19	53	27	1—2	6.5	4	12.5	60102	60027
	220	1.10	250	140	14000	38	0.35	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1—2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	1.10	220	130	13500	34	0.35	0.36/0.31	255	0.28/0.23	38	27	1—2	6.5	4.3	12.5	60029	60027
	220	1.10	210	120	12000	34	0.35	0.36/0.31	265	0.28/0.23	42	27	1—2	6.5	4.3	14	60029	60027
φ62	36	9.6	328	164	8900	38	0.40	3-0.63/3-0.56	36	2-0.53/2-0.47	5	27	1—2	6.5	4.3	14	60029	60027
	220	1.6	334	184	12600	38	0.40	0.48/0.42	216	0.32/0.27	32	27	1—2	6.5	4.3	14	60029	60027
	220	1.6	320	210	12600	41	0.40	0.47/0.41	210	0.34/0.29	32	27	1—2	6.5	4.3	12	60029	60027
	220	1.6	340	220	13040	36	0.40	0.47/0.41	204	0.34/0.29	32	27	1—2	6.5	4.3	12.5	60029	60029
φ71	220	2.1	430	275	12100	44	0.45	0.56/0.50	185	0.39/0.33	20	33	1—2	8	5	16	60200	60027
	220	2.1	430	275	12100	44	0.45	0.55/0.49	185	0.39/0.33	20	33	1 -2	8	5	17	60200	60027
	220	1.51	305	195	8500	44	0.45	0.47/0.41	212	0.34/0.29	27	33	1 -2	8	4.5	17	60200	60027
	220	2.1	430	275	12100	44	0.45	0.55/0.49	185	0.38/0.33	20	33	1 -2	8	15	17	60200	60027
φ80	220	2.4	485	310	13000	38	0.50	0.63/0.57	152	0.48/0.42	19	33	1—2	8	6.3	16	60029	60028
	220	2.5	520	360	13300	42	0.45	0.63/0.57	160	0.47/0.41	18	33	1 2	8	5	16	80501	60018
	220	2.5	550	350	8900	42	0.55	0.62/0.55	173	0.44/0.36	24	33	1—2	10.5	4	18	60201	60028
	220	3.7	780	375	14500	42	0.45	0.63/0.57	115	0.53/0.40	14	33	1—2	8	5	16	60201	60028
	220	3.2	630	450	11000	48	0.55	0.66/0.59	148	0.50/0.44	16	33	1—2	10	4.5	18	60201	60028
	220	3.2	630	450	11300	48	0.50	0.66/0.59	144	0.50/0.44	17	33	1—2	8	6.3	16	60201	60028
	220	4.1	700	600	11000	60	0.55	0.50/0.44	136	0.53/0.47	16	33	1—2	10.5	4.5	18	60201	60025
φ90	220	4.1	830	470	9900	52	0.60	2-0.56/2-0.50	134	0.56/0.50	13	38	1—2	12.5	8	20	60201	60029
	220	4.0	820	500	11000	52	0.65	0.55/0.50	132	0.59/0.52	12	38	1—2	12.5	8	22	60201	60029
	220	4.0	810	550	9900	52	0.60	2-0.55/2-0.49	134	0.55/0.49	13	38	1 -2	12.5	8	19	60201	60029
	220	4.5	920	630	11000	52	0.60	2-0.56/2-0.50	126	0.60/0.53	12	38	1—2	12.5	8	19	60201	60029
	220	4.9	1000	660	12100	52	0.60	0.6/0.55	110	0.62/0.57	11	38	1 -2	12.5	8	16	60201	60029
	220	7.7	1800	1200	12000	76	0.60	2-0.72/2-0.64	76	0.72/0.64	8	38	1—2	12.5	8	16	60029	60029

21.8 J1Z 系列单相电钻串励电机技术数据（表 21-8）



表 21-8 J1Z 系列单相电钻串励电机技术数据（老系列）

钻头直径/mm	型号	电压/V	额定电流/A	转速/(r/min)	定子铁芯 外径/mm	定子铁芯 内径/mm	定子铁芯 长度/mm	气隙/mm	转子槽数	磁极绕组 线规/mm	磁极绕组 每极匝数	转子绕组 线规/mm	转子绕组 线圈匝数	转子绕组 线圈节距	转子绕组 换向片数	转子绕组 换向器节距
φ6	J1Z-6	36	5.6	10000	61	35.3	34	0.35	9	2-0.55	42	2-0.41	7	1—5	27	1—2
		110	2.2	13500	61	35.3	34	0.35	9	1 0.47	128	1-0.33	19	1—5	27	1—2
		220	1.1	13500	61	35.3	34	0.35	9	1-0.33	255	1-0.23	38	1—5	27	1—2
φ10	J1Z-10	24	12	9900	73	41	40	0.35	12	3-0.69	22	1-0.41 1-0.69	45	1—6	24	1—2
		36	7.3	9900	73	41	40	0.35	12	2-0.69	35	1-0.69	6.5	1—6	24	1—2
		110	2.5	10300	73	41	40	0.35	12	1-0.55	96	1-0.38	13	1—6	36	1—2
		220	1.2	10300	73	41	40	0.35	12	1-0.38	198	1-0.27	26	1—6	36	1—2
φ13	J1Z-13	36	11	7000	85	46.3	45	0.4	12	3-0.72	25	1 0.53 1-0.67	6	1—6	24	1—2
		110	4.4	10000	85	46.3	45	0.4	12	1-0.67	95	1-0.53	9	1—6	36	1—2
		220	2.2	10000	85	46.3	45	0.4	12	1-0.51	190	1-0.38	18	1—6	36	1—2
		240	2.1	10000	85	46.3	45	0.4	12	1-0.51	190	1-0.38	20	1—6	36	1—2
φ19	J1Z-19	110	7.2	9000	102	58.7	46	0.5	15	3-0.62	60	2-0.47	9	1—7	30	1—2
		220	3.6	9000	102	58.7	46	0.5	15	2-0.55	120	1-0.47	12	1—7	45	1—2
φ23	J1Z-23	220	5.1	810	102	58.7	46	0.5	15	2-0.57	120	1-0.53	12	1—7	45	1—2



21.9 G系列单相串励电机电磁线代用速查表（表 21-9）

表 21-9 G 系列单相串励电机电磁线代用速查表（220V、50Hz）

型号	额定功率/W	额定电流/A	转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
									第 1 种				第 2 种				第 3 种			
					每极匝数	线圈匝数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
G-3614	8	0.14	4000	磁极	1010		1-0.14	0.01537	2	1-0.07 1-0.12	0.01516	−1.37	3	3-0.08	0.01509	−1.82				
				转子		214	1-0.09	0.00636	2	1-0.04 1-0.08	0.00629	1.1	3	2-0.04 1-0.07	0.00637	0.16				
G-3624	15	0.22	4000	磁极	685		1-0.18	0.02545	2	1 0.10 1-0.15	0.02552	0.28	2	1-0.08 1-0.16	0.02514	−1.21				
				转子		137	1-0.12	0.0113	2	1-0.08 1-0.09	0.01139	0.71	2	1-0.05 1-0.11	0.01146	1.33				
G-3634	25	0.32	4000	磁极	536		1-0.23	0.04155	2	1-0.14 1-0.18	0.04082	−1.76	3	2-0.13 1-0.14	0.04187	0.77				
				转子		104	1-0.15	0.01767	2	1-0.09 1-0.12	0.01767	0	2	1-0.10 1-0.11	0.01735	−1.81				
G-3636	40	0.42	6000	磁极	470		1-0.25	0.0491	2	1-0.16 1-0.19	0.04846	−1.30	2	1-0.17 1-0.18	0.04815	−1.93				
				转子		77	1-0.17	0.0227	2	1-0.11 1-0.13	0.02275	0.22	2	2-0.12	0.02262	−0.35				
G-3638	60	0.57	8000	磁极	445		1-0.29	0.0661	2	1-0.20 1-0.21	0.06606	0.06	2	1-0.18 1-0.23	0.067	1.36				
				转子		62	1-0.20	0.03142	2	1-0.12 1-0.16	0.03142	0	2	1-0.13 1-0.15	0.03092	−1.59				
G-36312	90	0.77	12000	磁极	366		1-0.33	0.0855	2	1-0.19 1-0.27	0.0857	0.18	2	1-0.16 1 0.29	0.0862	0.83				
				转子		47	1-0.23	0.04155	2	1-0.14 1-0.18	0.04082	−1.76	3	2-0.13 1-0.14	0.04187	0.77				

续表

型号	额定功率/W	额定电流/A	转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
									第1种				第2种				第3种			
					每极匝数	线圈匝数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
G-4524	60	0.64	4000	磁极	362		1-0.31	0.0755	2	1-0.21 1-0.23	0.07619	0.91	2	1-0.18 1-0.25	0.0746	−1.26				
				转子		51	1·0.21	0.03464	2	1-0.11 1-0.18	0.03495	0.89	2	1-0.12 1-0.17	0.03401	−1.82				
G-4534	90	0.91	4000	磁极	290		1-0.38	0.1134	2	2-0.27	0.1146	1.06	3	1-0.20 2-0.23	0.11452	0.99				
				转子		39	1-0.25	0.0491	2	1-0.16 1 0.19	0.04846	−1.30	2	1-0.17 1-0.18	0.04815	−1.93				
G-4536	120	1.02	6000	磁极	240		1-0.41	0.132	2	2-0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1-0.35	0.1308	−0.88	3	1-0.21 2-0.25	0.1328	0.64
				转子		33	1-0.27	0.0573	2	1-0.17 1-0.21	0.05734	0.07	2	1-0.18 1-0.20	0.05687	−0.75				
G-4538	180	1.50	8000	磁极	195		1-0.44	0.1521	2	1-0.29 1-0.33	0.1516	−0.33	2	2-0.31	0.151	−0.72	3	1-0.19 2-0.28	0.1516	−0.36
				转子		26	1-0.31	0.0755	2	1-0.21 1-0.23	0.07619	0.91	2	1-0.18 1-0.25	0.0746	−1.26				
G-45212、	180	1.43	12000	磁极	192		1-0.44	0.1521	2	1-0.29 1 0.33	0.1516	−0.33	2	2-0.31	0.151	−0.72	3	1-0.19 2-0.28	0.1516	−0.36
				转子		25	1 0.31	0.0755	2	1-0.21 1-0.23	0.07619	0.91	2	1-0.18 1-0.25	0.0746	−1.26				
G-5614	120	1.15	4000	磁极	266		1-0.44	0.1521	2	1-0.29 1-0.33	0.1516	−0.33	2	2-0.31	0.151	−0.72	3	1-0.19 2-0.28	0.1516	−0.36
				转子		42	1-0.29	0.0661	2	1-0.20 1-0.21	0.06606	0.06	2	1-0.18 1-0.23	0.067	1.36				
G-5624	180	1.70	4000	磁极	195		1-0.53	0.221	2	1-0.35 1-0.40	0.2219	0.41	2	1-0.33 1-0.42	0.224	1.35	3	2-0.28 1-0.35	0.2194	−0.72
				转子		29	1-0.35	0.0962	2	1-0.21 1-0.28	0.09624	0.04	3	2-0.17 1-0.25	0.0945	−1.77				

续表

型号	额定功率/W	额定电流/A	转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
									第1种				第2种				第3种			
					每极匝数	线圈匝数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
G-5634	250	3.32	4000	磁极	152		1-0.59	0.273	2	1-0.38 1-0.45	0.2736	0.22	2	1-0.41 1-0.42	0.2705	−0.92	2	1-0.35 1-0.47	0.2697	- 1.21
				转子		22	1-0.41	0.132	2	2-0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1-0.35	0.1308	−0.88	3	1-0.21 2-0.25	0.1328	0.64
G 5616	180	1.60	6000	磁极	243		1-0.49	0.1886	2	1-0.31 1-0.38	0.1889	0.16	2	1-0.28 1-0.40	0.1873	−0.69	3	2-0.28 1-0.29	0.1893	0.37
				转子		31	1 0.33	0.0855	2	1-0.19 1-0.27	0.0857	0.18	2	1 0.16 1-0.29	0.0862	0.83				
G-5626	250	2.05	6000	磁极	179		1-0.57	0.255	2	1-0.40 1-0.41	0.2577	1.06	2	1-0.42 1-0.38	0.2519	−1.22	2	2-0.40	0.2514	−1.41
				转子		22	1-0.41	0.132	2	2-0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1 0.35	0.1308	−0.88	3	1-0.21 2-0.25	0.1328	0.64
G-5636	370	3.02	6000	磁极	144		1-0.67	0.353	2	1 0.44 1-0.51	0.3561	0.88	2	1-0.44 1-0.50	0.3485	−1.27	2	1-0.45 1-0.49	0.3488	−1.19
				转子		16	1-0.47	0.1735	2	1-0.31 1-0.35	0.1717	−1.04	2	2-0.33	0.1711	−1.44	3	3-0.27	0.1719	−0.92
G-5618	250	2.08	8000	磁极	226		1-0.55	0.238	2	1-0.38 1-0.40	0.2391	0.46	2	1-0.35 1-0.42	0.2347	−1.39	3	2-0.31 1-0.33	0.2365	−0.63
				转子		24	1 0.38	0.1134	2	2-0.27	0.1146	1.06	3	1-0.20 2-0.23	0.11452	0.99				
G-5628	370	2.90	8000	磁极	166		1-0.64	0.322	2	2-0.45	0.3204	−0.50	2	1-0.40 1-0.50	0.3221	0.03	2	1-0.41 1-0.49	0.3206	- 0.43
				转子		17	1-0.47	0.1735	2	1-0.31 1-0.35	0.1717	−1.04	2	2-0.33	0.1711	−1.44	3	3-0.27	0.1719	−0.92
G-5638	550	4.05	8000	磁极	123		1-0.77	0.466	2	1-0.53 1-0.56	0.467	0.21	2	1-0.53 1-0.55	0.459	- 1.50	2	1-0.50 1-0.59	0.4694	0.73
				转子		12	1 0.55	0.238	2	1-0.38 1-0.40	0.2391	0.46	2	1-0.35 1-0.42	0.2347	−1.39	3	2-0.31 1-0.33	0.2365	−0.63

续表

型号	额定功率/W	额定电流/A	转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
									第1种				第2种				第3种			
					每极匝数	线圈匝数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
G-7114	370	3.32	4000	磁极	156		1-0.69	0.374	2	2-0.49	0.3772	0.86	2	1-0.47 1-0.50	0.3699	−1.1	2	1-0.47 1-0.51	0.3775	0.94
				转子		17	1-0.49	0.1886	2	1-0.31 1-0.38	0.1889	0.16	2	1-0.28 1-0.40	0.1873	−0.69	3	2-0.28 1-0.29	0.1893	0.37
G-7124	550	4.92	4000	磁极	112		1-0.83	0.541	2	1 0.57 1-0.60	0.528	−0.55	2	2-0.59	0.546	0.92	2	1-0.57 1-0.61	0.547	1.1
				转子		12	1·0.59	0.273	2	1-0.38 1-0.45	0.2736	0.22	2	1-0.41 1-0.42	0.2705	· 0.92	2	1-0.35 1·0.47	0.2697	−1.21
G-7116	550	4.10	6000	磁极	132		1-0.77	0.466	2	1-0.53 1-0.56	0.467	0.21	2	1-0.53 1-0.55	0.459	−1.50	2	1-0.50 1-0.59	0.4694	0.73
				转子		13	1-0.55	0.238	2	1-0.38 1-0.42	0.2391	0.46	2	1-0.35 1-0.42	0.2347	−1.39	3	2-0.31 1-0.33	0.2365	−0.63
G-7126	750	5.5	6000	磁极	100		1-0.93	0.679	2	1-0.62 1-0.69	0.676	−0.44	2	1-0.64 1-0.67	0.675	−0.59	2	1-0.63 1-0.69	0.6859	0.97
				转子		9	1-0.64	0.322	2	2-0.45	0.3204	−0.50	2	1-0.41 1-0.49	0.3206	−0.43	3	1-0.35 2-0.38	0.323	0.31
G-45312	250	1.8	12000	磁极	167		1-0.51	0.204	2	1-0.40 1-0.31	0.2012	−1.37	2	1-0.29 1-0.42	0.2046	0.29	2	1-0.31 1-0.41	0.2075	1.71
				转子		19	1-0.38	0.1134	2	2-0.27	0.1146	1.06	3	1-0.20 2-0.23	0.11452	0.99				

21.10 G型单相串励电机电磁线代用速查表（表21-10）



表 21-10 G型单相串励电机电磁线代用速查表

型号	额定功率/W	额定电压/V	转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
									第1种				第2种				第3种			
					每极匝数	线圈匝数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
G25/40	25	220	4000	磁极	690		1-0.21	0.03464	2	1-0.17 1-0.18	0.03495	0.89	2	1-0.12 1-0.17	0.03401	−1.82				
				转子		84	1-0.14	0.01537	2	1-0.07 1-0.12	0.01516	−1.37	3	3-0.08	0.01509	−1.82				
G30/40	30	220	4000	磁极	486		1 0.27	0.0573	2	1-0.17 1-0.21	0.05734	0.07	2	1-0.18 1-0.20	0.05687	−0.75				
				转子		74	1-0.17	0.0227	2	1-0.11 1-0.13	0.02275	0.22	2	2-0.12	0.02262	−0.35				
G40/40	40	220	4000	磁极	486		1-0.27	0.0573	2	1-0.17 1-0.21	0.05734	0.07	2	1-0.18 1-0.20	0.05687	−0.75				
				转子		76	1-0.17	0.0227	2	1-0.11 1-0.13	0.02275	0.22	2	2-0.12	0.02262	−0.35				
G60/40	60	220	4000	磁极	358		1-0.29	0.0661	2	1-0.20 1-0.21	0.06606	0.06	2	1-0.18 1-0.23	0.067	1.36				
				转子		53	1-0.21	0.03464	2	1-0.11 1-0.18	0.03495	0.89	2	1-0.12 1-0.17	0.03401	−1.82				
G80/40	80	220	4000	磁极	310		1-0.33	0.0855	2	1-0.19 1-0.27	0.0857	0.18	2	1-0.16 1-0.29	0.0862	0.83				
				转子		46	1-0.23	0.04155	2	1-0.14 1 0.18	0.04082	−1.76	3	2-0.13 1-0.14	0.04187	0.77				
G90/40	90	220	4000	磁极	286		1-0.35	0.0962	2	1-0.21 1-0.28	0.09624	0.04	3	2-0.17 1-0.25	0.09450	−1.77				
				转子		39	1-0.25	0.0491	2	1-0.16 1-0.19	0.04846	−1.30	2	1-0.17 1-0.18	0.04815	−1.93				
G120/40	120	220	4000	磁极	282		1-0.41	0.132	2	2-0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1-0.35	0.1308	−0.88	3	1-0.21 2-0.25	0.1328	0.64
				转子		37	1-0.29	0.0661	2	1-0.20 1-0.21	0.06606	0.06	2	1-0.18 1-0.23	0.067	1.36				
G180/40	180	220	4000	磁极	182		1 0.53	0.221	2	1-0.35 1-0.40	0.2219	0.41	2	1-0.33 1-0.42	0.224	1.35	3	2-0.28 1-0.35	0.2194	−0.72
				转子		29	1-0.38	0.1134	2	2-0.27	0.1146	1.06	3	1-0.20 2-0.23	0.11452	0.99				
G250/40	250	220	4000	磁极	146		1-0.59	0.273	2	1-0.38 1-0.45	0.2736	0.22	2	1-0.41 1-0.42	0.2705	−0.92	2	1-0.35 1-0.47	0.2697	−1.21
				转子		18	1-0.41	0.132	2	2-0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1-0.35	0.1308	−0.88	3	1-0.21 2-0.25	0.1328	0.64

21.11 U型单相串励电机电磁线代用速查表（表 21-11）

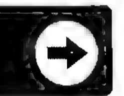


表 21-11 U 型单相串励电机电磁线代用速查表

型号	额定功率/W	额定电压/V	转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
									第 1 种				第 2 种				第 3 种			
					每极匝数	线圈匝数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
U15/40-220	15	220	4000	磁极	740		1 0.20	0.03142	2	1-0.12 1-0.16	0.03142	0	2	1-0.13 1-0.15	0.03092	−1.59				
				转子		110	1-0.15	0.01767	2	1-0.09 1-0.12	0.01767	0	2	1-0.10 1-0.11	0.01735	−1.81				
U15/56-220D	15	220	5600	磁极	600		1-0.19	0.02835	3	3-0.11	0.0285	0.53	2	1-0.13 1-0.14	0.02862	0.95				
				转子		110	1-0.13	0.01325	2	1-0.07 1-0.11	0.01335	0.75		1-0.08 1-0.10	0.01288	−2.79				
U30/40-220	30	220	4000	磁极	575		1-0.25	0.0491	2	1-0.16 1-0.19	0.04846	−1.30	2	1-0.17 1-0.18	0.04815	−1.93				
				转子		62	1-0.18	0.02545	2	1-0.10 1-0.15	0.02552	0.28	2	1-0.08 1-0.16	0.02514	−1.21				
U40/36-24D	40	24	3600	磁极	76		1-0.86	0.581	2	2-0.61	0.584	0.52	2	1-0.59 1-0.63	0.5846	0.62	2	1-0.60 1-0.62	0.585	0.69
				转子		7	1-0.64	0.322	2	2-0.45	0.3204	−0.50	2	1-0.41 1-0.49	0.3206	0.43	3	1-0.35 2-0.38	0.323	0.31
U40/36-110D	40	110	3600	磁极	350		1-0.41	0.132	2	2-0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1-0.35	0.1308	−0.88	3	1-0.21 2-0.25	0.1328	0.64
				转子		34	1-0.33	0.0855	2	1-0.19 1-0.27	0.0857	0.18	2	1-0.16 1-0.29	0.0862	0.83				

续表

型号	额定功率/W	额定电压/V	转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
									第1种				第2种				第3种			
					每极匝数	线圈匝数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
U55/45-220D	55	220	4500	磁极	360		1-0.38	0.1134	2	2-0.27	0.1146	1.06	3	1-0.20 2-0.23	0.11452	0.99				
				转子		50	1-0.25	0.0491	2	1-0.16 1-0.19	0.04846	−1.30	2	1-0.17 1-0.18	0.04815	−1.93				
U80/50 110D	80	110	5000	磁极	220		1-0.49	0.1886	2	1-0.31 1-0.38	0.1889	0.16	2	1-0.28 1-0.40	0.1873	−0.69	3	2-0.28 1-0.29	0.1893	0.37
				转子		13	1-0.41	0.132	2	2-0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1-0.35	0.1308	- 0.88	3	1-0.21 2-0.25	0.1328	0.64
U80/50-220D	80	220	5000	磁极	435		1-0.35	0.0962	2	1-0.21 1-0.28	0.09624	0.04	3	2 0.17 1-0.25	0.0945	−1.77				
				转子		27	1-0.29	0.0661	2	1-0.20 1-0.21	0.06606	0.06	2	1 0.18 1 0.23	0.067	1.36				
U120/40-220	120	220	4000	磁极	220		1-0.44	0.1521	2	1-0.29 1-0.33	0.1516	−0.33	2	2-0.31	0.151	−0.72	3	1-0.19 2-0.28	0.1516	−0.36
				转子		23	1-0.31	0.0755	2	1-0.21 1-0.23	0.07619	0.91	2	1-0.18 1-0.25	0.0746	−1.26				
U180/40-220	180	220	4000	磁极	160		1-0.53	0.221	2	1-0.35 1-0.40	0.2219	0.41	2	1-0.33 1-0.42	0.224	1.35	3	2-0.28 1-0.35	0.2194	−0.72
				转子		20	1-0.35	0.0962	2	1-0.21 1-0.28	0.09624	0.04	3	2-0.17 1-0.25	0.0945	−1.77				

21.12 DT系列电动工具用单相串励电机电磁线代用速查表（表21-12）



表21-12 DT系列电动工具用单相串励电机电磁线代用速查表（220V）

型号	额定功率/W	额定电流/A	转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
									第1种				第2种				第3种			
					每极匝数	线圈匝数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
DT-21	60	0.679	14000	磁极	323		1-0.27	0.0573	2	1-0.17 1-0.21	0.05734	0.07	2	1-0.18 1-0.20	0.05687	−0.75				
				转子		50	1-0.18	0.02545	2	1-0.10 1 0.15	0.02552	0.28	2	1 0.08 1-0.16	0.02514	−1.21				
DT 22	90	0.879	14000	磁极	286		1 0.31	0.0755	2	1-0.21 1-0.23	0.07619	0.91	2	1-0.18 1-0.25	0.0746	−1.26				
				转子		41	1-0.21	0.03464	2	1-0.12 1-0.17	0.03401	−1.82	2	1-0.11 1-0.18	0.03495	0.89				
DT-23	120	1.07	14000	磁极	239		1-0.33	0.0855	2	1-0.19 1-0.27	0.0857	0.18	2	1-0.16 1-0.29	0.0862	0.83				
				转子		33	1-0.23	0.04155	2	1-0.14 1-0.18	0.04082	1.76	3	2-0.13 1-0.14	0.04187	0.77				
DT-23S	120	1.07	14000	磁极	222		1-0.33	0.0855	2	1-0.19 1-0.27	0.0857	0.18	2	1-0.16 1 0.29	0.0862	0.83				
				转子		33	1-0.23	0.04155	2	1-0.14 1-0.18	0.04082	−1.76	3	2-0.13 1-0.14	0.04187	0.77				
DT-31	120	1.073	13000	磁极	237		1-0.33	0.0855	2	1-0.19 1-0.27	0.0857	0.18	2	1-0.16 1-0.29	0.0862	0.83				
				转子		36	1-0.23	0.04155	2	1-0.14 1-0.18	0.04082	−1.76	3	2-0.13 1-0.14	0.04187	0.77				
DT-32	150	1.232	13000	磁极	218		1-0.38	0.1134	2	2-0.27	0.1146	1.06	3	1-0.20 2-0.23	0.11452	0.99				
				转子		32	1-0.25	0.0491	2	1-0.16 1-0.19	0.04846	−1.30	2	1-0.17 1-0.18	0.0482	- 1.93				

续表

型号	额定功率/W	额定电流/A	转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
									第1种				第2种				第3种			
					每极匝数	线圈匝数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
DT-31S	120	1.05	13000	磁极	224		1-0.33	0.0855	2	1 0.19 1-0.27	0.0857	0.18	2	1-0.16 1-0.29	0.0862	0.83				
				转子		36	1-0.23	0.04155	2	1 0.14 1-0.18	0.04082	−1.76	3	2-0.13 1-0.14	0.04187	0.77				
DT-41	150	1.242	12000	磁极	252		1-0.38	0.1134	2	2-0.27	0.1146	1.06	3	1-0.20 2-0.23	0.11452	0.99				
				转子		37	1-0.25	0.0491	2	1·0.16 1-0.19	0.04846	−1.30	2	1-0.17 1 0.18	0.04815	−1.93				
DT-42	180	1.241	12000	磁极	227		1-0.41	0.132	2	2·0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1-0.35	0.1308	0.88	3	1-0.21 2-0.25	0.1328	0.64
				转子		33	1-0.27	0.0573	2	1-0.17 1-0.21	0.05734	0.07	2	1 0.18 1-0.20	0.05687	−0.75				
DT-42S	180	1.403	12000	磁极	224		1-0.41	0.132	2	2 0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1-0.35	0.1308	−0.88	3	1-0.21 2-0.25	0.1328	0.64
				转子		33	1-0.27	0.0573	2	1-0.17 1-0.21	0.05734	0.07	2	1-0.18 1-0.20	0.05687	−0.75				
DT-51	210	1.569	11000	磁极	191		1-0.47	0.1735	2	1-0.31 1-0.35	0.1717	−1.04	2	2-0.33	0.1711	−1.44	3	3-0.27	0.1719	−0.92
				转子		24	1-0.31	0.0755	2	1-0.21 1-0.23	0.07619	0.91	2	1-0.18 1-0.25	0.0746	−1.26				
DT-52	250	1.95	11000	磁极	167		1-0.49	0.1886	2	1-0.31 1-0.38	0.1889	0.16	2	1-0.28 1-0.40	0.1873	−0.69	3	2-0.28 1-0.29	0.1893	0.37
				转子		21	1-0.35	0.0962	2	1-0.21 1-0.28	0.09624	0.04	3	2-0.17 1-0.25	0.0945	−1.77				
DT-51S	210	1.52	11000	磁极	197		1-0.47	0.1735	2	1-0.31 1-0.35	0.1717	−1.04	2	2-0.33	0.1711	−1.44	3	3-0.27	0.1719	−0.92
				转子		24	1-0.31	0.0755	2	1-0.21 1-0.23	0.07619	0.91	2	1-0.18 1-0.25	0.0746	−1.26				
DT-61	300	2.318	11000	磁极	168		1-0.55	0.238	2	1-0.38 1-0.40	0.2391	0.45	2	1-0.35 1-0.42	0.2347	−1.39	3	2-0.31 1-0.33	0.2365	−0.63
				转子		22	1-0.38	0.1134	2	2-0.27	0.11460	1.06	3	1-0.20 2-0.23	0.11452	0.99				

续表

型号	额定功率/W	额定电流/A	转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
									第 1 种				第 2 种				第 3 种			
					每极匝数	线圈匝数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	并绕根数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%
DT-62	350	2.62	10000	磁极	154		1-0.57	0.255	2	1-0.40 1-0.41	0.2577	1.06	2	1-0.42 1-0.38	0.2519	−1.22	2	2-0.40	0.2514	−1.41
				转子		20	1-0.41	0.132	2	2-0.29	0.1322	0.15	2	1-0.21 1-0.35	0.1308	−0.88	3	1-0.21 2-0.25	0.1328	0.64
DT-61S	300	2.3	10000	磁极	165		1 0.55	0.238	2	1-0.38 1-0.40	0.2391	0.46	2	1-0.35 1-0.42	0.2347	−1.39	3	2-0.31 1-0.33	0.2365	−0.63
				转子		22	1-0.38	0.1134	2	2-0.27	0.1146	1.06	3	1-0.20 2-0.23	0.11452	0.99				
DT-71	400	3.03	9000	磁极	144		1-0.62	0.302	2	1-0.47 1-0.40	0.2992	−0.93	2	2-0.44	0.3042	0.73	2	1-0.42 1-0.45	0.2987	−1.09
				转子		16	1 0.44	0.1521	2	1-0.29 1-0.33	0.1516	−0.33	2	2·0.31	0.151	−0.72	3	1-0.19 2-0.28	0.1516	−0.36
DT-72	500	3.72	9000	磁极	133		2-0.44	0.3042	2	1·0.41 1-0.47	0.3055	0.43	3	2·0.33 1-0.41	0.303	−0.39	3	2 0.35 1-0.38	0.3058	0.53
				转子		13	1-0.49	0.1886	2	1-0.31 1-0.38	0.1889	0.16	2	1-0.28 1-0.40	0.1873	−0.69	3	2-0.28 1-0.29	0.1893	0.37
DT 71S	400	3.06	9000	磁极	144		1-0.62	0.302	2	1-0.47 1 0.40	0.2992	−0.93	2	2-0.44	0.3042	0.73	2	1-0.42 1 0.45	0.2987	−1.09
				转子		16	1-0.44	0.1521	2	1-0.29 1-0.33	0.1516	−0.33	2	2-0.31	0.151	−0.72	3	1-0.19 2-0.28	0.1516	−0.36
DT-81	600	4.44	8000	磁极	116		2 0.55	0.4752	2	1-0.53 1 0.57	0.4758	0.13	2	1-0.51 1 0.59	0.4777	0.53	3	2-0.44 1-0.47	0.4776	0.51
				转子		14	1-0.57	0.255	2	1-0.40 1-0.41	0.2577	1.06	2	1-0.42 1-0.38	0.2519	−1.22	2	2-0.40	0.2514	−1.41
DT-82	800	5.95	8000	磁极	96		2-0.62	0.6038	2	1·0.61 1-0.63	0.6040	0.03	2	1 0.60 1-0.64	0.6044	0.10	3	1 0.50 2-0.51	0.6049	0.18
				转子		10	2-0.47	0.3470	2	1-0.45 1 0.49	0.3476	0.18	2	1-0.44 1 0.50	0.3484	0.407	3	2-0.38 1-0.39	0.3463	−0.20
DT-81S	600	4.39	8000	磁极	112		2 0.55	0.4752	2	1-0.53 1-0.57	0.4758	0.13	2	1-0.51 1-0.59	0.4777	0.53	3	2-0.44 1 0.47	0.4776	0.51
				转子		14	1-0.57	0.255	2	1-0.40 1-0.41	0.2577	1.06	2	1 0.42 1-0.38	0.2519	−1.22	2	2-0.40	0.2514	−1.41

第22章 潜水电泵技术数据

22.1 YQSY系列充油式井用潜水三相异步电机技术数据（表22-1）



表22-1 YQSY系列充油式井用潜水三相异步电机技术数据（380V、50Hz）

<table>
<tr><th rowspan="2">型号</th><th rowspan="2">功率/kW</th><th colspan="4">定子铁芯</th><th colspan="5">定子绕组</th></tr>
<tr><th>外径/mm</th><th>内径/mm</th><th>长度/mm</th><th>槽数</th><th>线规/mm</th><th>每槽导体数</th><th>绕组形式</th><th>绕组节距</th><th>接法</th></tr>
<tr><td>YQSY200-4</td><td>4</td><td rowspan="13">167</td><td rowspan="13">87</td><td>100</td><td rowspan="26">24</td><td>1.0</td><td>66</td><td rowspan="26">同心式</td><td rowspan="26">1—12
2—11</td><td rowspan="4">△</td></tr>
<tr><td>YQSY200-5.5</td><td>5.5</td><td>135</td><td>1.18</td><td>50</td></tr>
<tr><td>YQSY200-7.5</td><td>7.5</td><td>160</td><td>1.30</td><td>42</td></tr>
<tr><td>YQSY200-9.2</td><td>9.2</td><td>185</td><td>1.40</td><td>36</td></tr>
<tr><td>YQSY200-11</td><td>11</td><td>215</td><td>2×1.40</td><td>18</td><td>Y</td></tr>
<tr><td>YQSY200-13</td><td>13</td><td>240</td><td>2×1.12</td><td>28</td><td rowspan="15">△</td></tr>
<tr><td>YQSY200-15</td><td>15</td><td>290</td><td>2×1.25</td><td>23</td></tr>
<tr><td>YQSY200-18.5</td><td>18.5</td><td>345</td><td>2×1.35</td><td>21</td></tr>
<tr><td>YQSY200-22</td><td>22</td><td>400</td><td>3×1.18</td><td>18</td></tr>
<tr><td>YQSY200 25</td><td>25</td><td>450</td><td>3×1.30</td><td>16</td></tr>
<tr><td>YQSY200-30</td><td>30</td><td>520</td><td>3×1.40</td><td>14</td></tr>
<tr><td>YQSY200-37</td><td>37</td><td>605</td><td>4×1.30</td><td>12</td></tr>
<tr><td>YQSY200-45</td><td>45</td><td>725</td><td>5×1.30</td><td>10</td></tr>
<tr><td>YQSY250-15</td><td>15</td><td rowspan="13">210</td><td rowspan="13">102</td><td>160</td><td>2×1.40</td><td>33</td></tr>
<tr><td>YQSY250-18.5</td><td>18.5</td><td>185</td><td>3×1.25</td><td>29</td></tr>
<tr><td>YQSY250-22</td><td>22</td><td>215</td><td>3×1.30</td><td>25</td></tr>
<tr><td>YQSY250-25</td><td>25</td><td>245</td><td>3×1.40</td><td>22</td></tr>
<tr><td>YQSY250-30</td><td>30</td><td>285</td><td>4×1.30</td><td>19</td></tr>
<tr><td>YQSY250-37</td><td>37</td><td>335</td><td>5×1.25</td><td>16</td></tr>
<tr><td>YQSY250-45</td><td>45</td><td>420</td><td>6×1.3</td><td>13</td></tr>
<tr><td>YQSY250-55</td><td>55</td><td>480</td><td>4×1.2</td><td>23</td><td rowspan="6">2△</td></tr>
<tr><td>YQSY250-64</td><td>64</td><td>550</td><td>4×1.3</td><td>20</td></tr>
<tr><td>YQSY250-75</td><td>75</td><td>645</td><td>4×1.4</td><td>17</td></tr>
<tr><td>YQSY250-90</td><td>90</td><td>740</td><td>5×1.35</td><td>15</td></tr>
<tr><td>YQSY250-110</td><td>110</td><td>850</td><td>6×1.3</td><td>13</td></tr>
<tr><td>YQSY250-132</td><td>132</td><td>1000</td><td>6×1.45</td><td>11</td></tr>
</table>

22.2　YQS 系列充水式井用潜水三相异步电机技术数据（表 22-2）



表 22-2　YQS 系列充水式井用潜水三相异步电机技术数据（380V、50Hz）

型号	功率/kW	定子铁芯				定子绕组				
		外径/mm	内径/mm	长度/mm	槽数	线规/mm	每槽导体数	绕组形式	绕组节距	接法
YQS150-3	3	130	65	267	18	1.06	34	交叉同心式	1—10 2—9 1—8	Y
YQS150-4	4			280		1.12	32			
YQS150-5.5	5.5			335		1.30	27			
YQS150-7.5	7.5			410		1.50	22			
YQS150-9.2	9.2			450		1.60	20			
YQS150-11	11			530		1.80	17			
YQS150-13	13			560		1.85	16			
YQS150-15	15			635		2.0	14			
YQS200-4	4	175	83	143	24	1.4	30	同心式	1—12 2 11	
YQS200-5.5	5.5			157		1.5	27			
YQS200-7.5	7.5			175		1.6	24			
YQS200-9.2	9.2			221		1.3	33			△
YQS200-11	11			245		1.4	30			
YQS200-13	13			272		1.5	27			
YQS200-15	15			305		1.6	24			
YQS200-18.5	18.5			355		2×1.6	12			Y
YQS200-22	22			400		1.85	17			△
YQS200-25	25			455		2.0	15			
YQS200-30	30			565		7×1.0	7			Y
YQS200-37	37			670		7×1.12	6			
YQS250-7.5	7.5	210	100	130		1.25	43			△
YQS250-9.2	9.2			140		1.30	40			
YQS250-11	11			150		1.40	37			
YQS250-13	13			170		1.50	33			
YQS250-15	15			194		1.60	29			
YQS250-18.5	18.5			220		2×1.6	25			Y
YQS250-22	22			275		2×1.3	21			△
YQS250-25	25			305		2×1.4	19			
YQS250-30	30			338		2×1.5	17			
YQS250-37	37			380		2×1.6	15			
YQS250-45	45		104	530		19×0.85	7			Y
YQS250-55	55			620		19×0.95	6			
YQS250-64	64			750		19×1.06	5			
YQS250-75	75			860		19×1.12	4			
YQS250-90	90			980		19×0.85	6			△

22.3　YQS2 系列充水式井用潜水三相异步电机技术数据（表 22-3）



表 22-3　YQS2 系列充水式井用潜水三相异步电机技术数据（380V、50Hz）

型　　号	功率/kW	定子铁芯				定子绕组				
		外径/mm	内径/mm	长度/mm	槽数	线规/mm	每槽导体数	绕组形式	绕组节距	接法
YQS2-150-3	3	134	65	250	18	1.06	36	交叉同心式	1-10 2-9 11-18	Y
YQS2-150-4	4			300		1.25	30			
YQS2-150-5.5	5.5			340		1.40	26			
YQS2-150-7.5	7.5			375		1.50	23			
YQS2-150-9.2	9.2			395		1.60	19			
YQS2-150-11	11			470		1.70	16			
YQS2-150-13	13			580		1.90	13			
YQS2-150-15	15			625		2.0	12			
YQS2-200-4	4	172	78	135		1.25	44			
YQS2-200-5.5	5.5			152		1.40	39			
YQS2-200-7.5	7.5			185		1.5	32			
YQS2-200-9.2	9.2			210		1.6	28			
YQS2-200-11	11			260		1.8	23			
YQS2-200-13	13			270		1.9	22			
YQS2-200-15	15			300		2.0	20			
YQS2-200-18.5	18.5		82	360	24	2.24	12	同心式	1-12 2—11	
YQS2-200-22	22			435		2.5	10			
YQS2-200-25	25			500		2.0	15			△
YQS2-200-30	30			580		2.12	13			
YQS2-200-37	37			685		2.36	11			
YQS2-200-45	45			725		2.24	12			2Y
YQS2-250-11	11	220	98	140		1.40	38			△
YQS2-250-13	13			162		1.50	33			
YQS2-250-15	15			180		1.6	30			
YQS2-250-18.5	18.5		104	255		2.5	13			Y
YQS2-250-22	22			275		7×1.0	12			
YQS2-250-25	25			300		7×1.12	11			
YQS2-250-30	30			370		19×0.75	9			
YQS2-250-37	37			420		19×0.8	8			
YQS2-250-45	45			475		19×0.90	7			
YQS2-250-55	55			555		19×0.95	6			
YQS2-250-63	63			645		19×0.75	9			△
YQS2-250-75	75			755		19×0.75	9			2Y
YQS2-250-90	90			895		7×1.0	13			2△
YQS2-250-100	100			970		19×0.9	7			2Y
YQS2-300-55	55	262	122	450		19×1.12	6			Y
YQS2-300-63	63			520		19×0.9	9			△
YQS2-300-75	75			585		19×0.95	8			
YQS2-300-90	90			680		19×1.40	4			Y
YQS2-300-110	110			780		19×1.12	6			△
YQS2-300-125	125			910		19×1.12	6			2Y
YQS2-300-140	140			935		19×1.25	5			△
YQS2-300-160	160			1095		19×1.25	5			2Y
YQS2-300-185	185			1095		19×1.25	5			

22.4　QDX 型单相潜水电泵电机技术数据（表 22-4）



表 22-4　QDX 型单相潜水电泵电机技术数据（220V、50Hz）

型号	功率/kW	定子铁芯 外径/mm	定子铁芯 内径/mm	定子铁芯 长度/mm	槽数	启动方式	定子绕组 极数	定子绕组 形式		每极匝数	线圈匝数	节距	线规/mm
QDX3-8-0.18 QDX6-5-0.18	0.18	110	58	55	24	电阻启动	2	正弦绕组	主	253	68、63、54、42、26	1—12、2—11、3—10、4—9、5—8	0.63
									副	158	42、40、34、26、16	7—18、8—17、9—16、10—15、11—14	0.40
QDX3-10-0.25 QDX6-7-0.25	0.25	110	58	62	24	电阻启动	2	正弦绕组	主	199	53、49、43、33、21	1—12、2—11、3—10、4—9、5—8	0.71
									副	148	40、37、32、24、15	7—18、8—17、9—16、10—15、11—14	0.42
QDX3-14-0.37 QDX6-10-0.37 QDX10-7-0.37	0.37	128	67	63	24	电容启动	2	正弦绕组	主	187	50、47、40、31、19	1—12、2—11、3—10、4—9、5—8	0.80
									副	157	42、39、34、26、16	7—18、8—17、9—16、10—15、11—14	0.50
QDX3-18-0.55 QDX6-14-0.55 QDX10-10-0.55 QDX15-7-0.55	0.55	128	67	78	24	电容启动	2	正弦绕组	主	149	40、37、32、25、15	1—12、2—11、3—10、4—9、5—8	0.90
									副	176	47、44、38、29、18	7—18、8—17、9—16、10—15、11—14	0.50

22.5　YQSY 系列充油式井用潜水三相异步电机电磁线代用速查表（表 22-5）



表 22-5　YQSY 系列充油式井用潜水三相异步电机电磁线代用速查表（380V、50Hz）

型号	额定功率/kW	额定电流/A	极数	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
								第 1 种				第 2 种				第 3 种			
				并联支路与接法	每槽导体数	线规/根-mm	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/根-mm	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/根-mm	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/根-mm	截面积/mm²
YQSY-200-4	4	10	2	1△	66	1-1.00	0.785	1△	66	1-0.69 1-0.72	0.781	1△	66	1-0.67 1-0.74	0.783	1Y	38	2-0.93	1.358
YQSY-200-7.5	7.5	18.2	2	1△	42	1-1.30	1.327	1△	42	1-0.83 1-1.00	1.326	1△	42	3-0.75	1.326	1Y	24	1-1.16 1-1.25	2.284
YQSY-200-11	11	26.3	2	1Y	18	2-1.40	3.078	1Y	18	1-1.35 1-1.45	3.082	1Y	18	1-1.30 1-1.50	3.094	1△	31	1-1.50	1.767
YQSY-200-15	15	34.7	2	1△	23	2-1.25	2.454	1△	23	1-1.20 1 1.30	2.458	1△	23	1-1.08 1-1.40	2.455	1Y	13	1-0.95 2-1.50	4.244
YQSY-200-18.5	18.5	42.6	2	1△	21	2-1.35	2.862	1△	21	1 1.18 1 1.50	2.860	1△	21	1-1.30 1-1.40	2.866	1Y	12	1-1.35 2-1.50	4.965
YQSY-200-25	25	56.2	2	1△	16	3-1.30	3.981	1△	16	1-0.93 2 1.45	3.981	1△	16	2-1.25 1-1.40	3.993	1Y	9	2-1.12 4-1.25	6.878
YQSY-200-37	37	80.6	2	1△	12	4 1.30	5.308	1△	12	3-1.50	5.301	1△	12	2-1.25 2-1.35	5.314	1Y	7	6-1.40	9.234
YQSY-200-45	45	97.5	2	1△	10	5 1.30	6.635	1△	10	3-1.00 3 1.35	6.648	1△	10	2 1.40 2-1.50	6.612	1Y	6	8-1.35	11.448
YQSY-250-15	15	35.2	2	1△	33	2-1.40	3.078	1△	33	1-1.35 1 1.45	3.082	1△	33	1-1.30 1-1.50	3.094	1Y	19	4-1.30	5.308
YQSY-250-22	22	50.3	2	1△	25	3 1.30	3.981	1△	25	1-0.93 2-1.45	3.981	1△	25	2-1.25 1-1.40	3.993	1Y	14	2-1.12 4-1.25	6.878
YQSY-250-30	30	66.2	2	1△	19	4-1.30	5.308	1△	19	3-1.50	5.301	1△	19	2-1.25 2-1.35	5.314	1Y	11	6-1.40	9.234
YQSY-250-37	37	81.1	2	1△	16	5-1.25	6.135	1△	16	3-1.12 3-1.16	6.126	1△	16	3-1.18 2-1.35	6.141	1Y	9	8-1.30	10.616
YQSY-250-55	55	118.4	2	2△	23	4-1.20	4.524	2△	23	1-1.25 2 1.45	4.529	2△	23	3-1.08 1-1.50	4.515	2Y	13	2-1.18 5-1.20	7.841
YQSY 250-75	75	158.7	2	2△	17	4-1.40	6.156	2△	17	2-1.18 3 1.30	6.167	2△	17	3 1.18 2-1.35	6.141	2Y	10	4-1.35 3-1.45	10.667
YQSY-250-90	90	189.3	2	2△	15	5-1.35	7.155	2△	15	3 1.04 3-1.40	7.164	2△	15	2-1.08 4-1.30	7.140	2Y	9	3-1.16 6-1.40	12.405

22.6　YQS2 系列充水式井用潜水三相异步电机电磁线代用速查表（表 22-6）



表 22-6　YQS2 系列充水式井用潜水三相异步电机电磁线代用速查表（380V、50Hz）

型号	额定功率/kW	额定电流/A	极数	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
								第 1 种				第 2 种				第 3 种			
				并联支路与接法	每槽导体数	线规/根-mm	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/根-mm	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/根-mm	截面积/mm²	支路与接法	每槽导体数	线规/根-mm	截面积/mm²
YQS2-150-3	3	7.8	2	1Y	36	1 1.06	0.883	1Y	36	2-0.75	0.884	1Y	36	1 0.63 1-0.85	0.8816	1△	62	2-0.57	0.510
YQS2-150-5.5	5.5	13.3	2	1Y	26	1-1.4	1.539	1Y	26	1 0.93 1 1.04	1.528	1Y	26	1-0.90 1 1.08	1.552	1△	45	1-1.06	0.883
YQS2-150-9.2	9.2	21.2	2	1Y	19	1-1.6	2.011	1Y	19	1-1.08 1-1.18	2.009	1Y	19	1-1.06 1-1.20	2.014	1△	33	2-0.86	1.162
YQS2-150-11	11	25.2	2	1Y	16	1-1.7	2.271	1Y	16	2-1.20	2.262	1Y	16	1-1.04 1-1.35	2.271	1△	28	1-0.90 1-0.93	1.315
YQS2-150-15	15	34.1	2	1Y	12	1-2.0	3.142	1Y	12	1-1.25 1-1.56	3.138	1Y	12	1 1.06 2 1.20	3.145	1△	21	1-0.96 1-1.18	1.817
YQS2-200-4	4	10	2	1Y	44	1-1.25	1.227	1Y	44	1-0.83 1 0.93	1.22	1Y	44	1-0.86 1-0.90	1.217	1△	76	1-0.95	0.71
YQS2-200-7.5	7.5	17.8	2	1Y	32	1-1.5	1.767	1Y	32	2-1.06	1.766	1Y	32	1-1.04 1 1.08	1.765	1△	55	1-0.75 1-0.86	1.023
YQS2-200-11	11	25.2	2	1Y	23	1-1.8	2.545	1Y	23	1-1.25 1 1.30	2.554	1Y	23	3-1.04	2.547	1△	40	1-0.93 1-1.00	1.464
YQS2-200-15	15	33.3	2	1Y	20	1-2.0	3.142	1Y	20	1 1.25 1-1.56	3.138	1Y	20	1-1.06 2-1.20	3.145	1△	35	1-0.96 1-1.18	1.817
YQS2-200-22	22	47.7	2	1Y	10	1-2.5	4.908	1Y	10	4-1.25	4.908	1Y	10	2-1.20 2-1.30	4.916	1△	17	1-1.16 1-1.50	2.824
YQS2-200-25	25	53.8	2	1△	15	1-2.0	3.142	1△	15	1-1.25 1-1.56	3.138	1△	15	1 1.06 2-1.20	3.145	1Y	9	3-0.93 3-1.20	5.43
YQS2 200-30	30	64.6	2	1△	13	1-2.12	3.530	1△	13	2 1.50	3.534	1△	13	1-1.40 1-1.60	3.55	1Y	8	2-1.16 3-1.30	6.095
YQS2 200-37	37	79.2	2	1△	11	1 2.36	4.374	1△	11	4-1.18	4.372	1△	11	2-1.16 2-1.20	4.376	1Y	6	3-1.06 4 1.25	7.557
YQS2-200-45	45	94.6	2	2Y	12	1 2.24	3.941	2Y	12	4-1.12	3.94	2Y	12	2-1.08 2-1.16	3.946	2△	21	2-1.20	2.262
YQS2-250-11	11	25.5	2	1△	38	1-1.4	1.539	1△	38	1 0.93 1-1.04	1.528	1△	38	1-0.90 1-1.08	1.552	1Y	22	4-1.12	3.94
YQS2-250-15	15	33.5	2	1△	30	1 1.6	2.011	1△	30	1-1.08 1-1.18	2.009	1△	30	1-1.06 1-1.20	2.014	1Y	17	2-1.45 2-1.50	6.836
YQS2-250-18.5	18.5	39.8	2	1Y	13	1 2.5	4.908	1Y	13	4-1.25	4.908	1Y	13	2-1.20 2-1.30	4.916	1△	23	1-1.16 1-1.50	2.824

22.7　QDX 型单相潜水电泵电机电磁线代用速查表（表 22-7）



表 22-7　QDX 型单相潜水电泵电机电磁线代用速查表（220V、50Hz）

型号	额定功率/kW	极数	绕组种类	原绕组主要数据				其他几种可选用电磁线规格											
								第 1 种				第 2 种				第 3 种			
				并联支路数	每极匝数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	支路数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	支路数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	误差/%	支路数	线规/(根-mm)	截面积/mm²	每极匝数
QDX3-8-0.18 QDX6-5-0.18	0.18	2	主	1	253	1-0.63	0.3116	1	1-0.44 1-0.45	0.3109	-0.22	1	1-0.42 1-0.47	0.312	0.13	2	1-0.44	0.1521	506
			副	1	158	1-0.40	0.1257	1	1-0.25 1 0.31	0.1246	-0.88	1	1-0.23 1-0.33	0.1271	1.07	2	1-0.28	0.0616	316
QDX3-10-0.25 QDX6-7-0.25	0.25	2	主	1	199	1-0.71	0.396	1	1 0.47 1 0.53	0.3945	—0.38	1	1-0.44 1 0.56	0.3981	0.53	2	1-0.50	0.1964	398
			副	1	148	1-0.42	0.1385	1	1-0.23 1-0.35	0.1378	—0.51	1	1-0.28 1 0.31	0.1371	1.01	2	1-0.29	0.0661	296
QDX3-14-0.37 QDX6-10-0.37 QDX10-7-0.37	0.37	2	主	1	187	1-0.80	0.503	1	1 0.56 1-0.57	0.501	—0.40	1	1-0.53 1 0.60	0.504	0.20	2	2-0.40	0.2514	374
			副	1	157	1-0.50	0.1964	1	1 0.27 1 0.42	0.1958	—0.31	1	1-0.29 1-0.41	0.1981	0.87	2	1-0.35	0.0962	314
QDX3-18-0.55 QDX6-14-0.55 QDX10-10-0.55 QDX15-7-0.55	0.55	2	主	1	149	1 0.90	0.636	1	1-0.63 1-0.64	0.6336	-0.36	1	1-0.60 1-0.67	0.636	0	2	1-0.38 1-0.51	0.3174	298
			副	1	176	1-0.50	0.1964	1	1-0.27 1-0.42	0.1958	0.31	1	1-0.29 1-0.41	0.1981	0.87	2	1-0.35	0.0962	352

第23章 小型同步发电机技术数据

23.1 T2系列三相交流同步发电机技术数据（表23-1）



表23-1 T2系列三相交流同步发电机技术数据

机座号	额定功率/kW	额定电压/V	额定频率/Hz	额定转速/(r/min)	满载时						空载时		定子铁芯			气隙长度	转子长度	定子槽数	磁极形式
					电流/A	功率因数(滞后)	功率/% 1	功率/% 2	励磁电压/V	励磁电流/A	励磁电压/V	励磁电流/A	外径	内径	长度				
													mm						
160S1	3	400	50	1500	5.4	0.8	78	75.5	43.1	5.45	12.95	1.9	270	190	57	0.5	57+6	36	凸极式
160S2	5				9.02		81.5	79.5	41.2	6.75	13.3	2.54			90		90+6		
180S1	10				18.1		84	82.5	35.4	13.7	10.62	4.83	300	210	120	0.65	130+6		
180S2	12				21.7		85	83.5	39.2	13.84	11.7	4.83			135		140+6		
200S	20	400	50	1500	36.1	0.8	87.5	86	25.8	24.7	8.5	9.04	350	245	155	0.75	160+8	36	
200M	24				43.3		88.5	87	28.2	24.1	9.6	9.15			190		195+8		
200L	30				54.1		89	88	31.8	23.9	10.3	8.93			225		235+8		
225M	40	400	50	1500	72.2	0.8	90	89	37.9	28.9	12	10.7	385	270	210	1.1	220+12	48	
225L	50				90.2		90.5	89.5	43.8	29.6	13.8	10.9			250		265+12		
250M	64				115.5		91	90	89	21.2	27.6	7.46	430	290	240	1.1	240	60	隐极式
250L	75				135.3		91.4	90.5	96.6	21.1	30.1	7.46			280		280		
280S	90	400	50	1500	162.4	0.8	91.8	91	84.7	26	29.05	10.15	493	330	255	1.25	255	60	
280L	120				216.5		92.2	91.5	98.8	26.8	32.6	10.05			320		320		
355M	200				361		92.6	92	108.4	28.9	35	10.6	590	400	350+2×10	1.5	350+2×10		

机座号	额定功率/kW	定子绕组					励磁绕组			参数								
		线规(QZ)/(根-mm)	每槽导体数	半匝平均长/mm	节距	并联支路数	线规/(根 mm)或(根-a×b)	每极匝数	半匝平均长/mm	定子电阻标么值	励磁电阻/Ω	短路比	漏抗标么值	过载能力/倍	冲击短路电流/倍	直轴同步电抗	交轴同步电抗	直轴瞬变电抗
																标么值		
160S1	3	1-0.9	42	222	1—8	1	QZ 1 1.16	290		0.0865	6.81	0.765	0.063	2.51	7.1	1.708	0.943	0.265
160S2	5	1-1.16	26	255			QZ 1-1.3	230		0.0618	5.25	0.79	0.0514	2.5	8.25	1.702	0.9364	0.23
180S1	10	2-1.16	18	306			QZB 1.25×2.26	147		0.0514	2.2	0.689	0.0597	2.33	7.17	1.98	1.0867	0.2637
180S2	12	2-1.25	16	321			QZB 1.25×2.26	155		0.0496	2.42	0.684	0.0608	2.35	7.0	2.086	1.147	0.2703
200S	20	1-1.56	22	365	1—8	2	QZB 1.81×3.28	95		0.0414	0.874	0.687	0.0545	2.41	7.31	2.0145	1.105	0.2585
200M	24	2-1.25	18	400			QZB 1.81×3.28	95		0.0347	0.982	0.706	0.0506	2.4	8.06	1.9656	1.076	0.2341
200L	30	1-1.35	30	435		4	QZB 1.81×3.28	99		0.0336	1.115	0.694	0.0493	2.38	7.83	2.014	1.103	0.2413

续表

机座号	额定功率/kW	定子绕组 线规(QZ)/(根-mm)	每槽导体数	半匝平均长/mm	节距	并联支路数	励磁绕组 线规/(根-mm)或(根-a×b)	每极匝数	半匝平均长/mm	参数 定子电阻标么值	励磁电阻/Ω	短路比	漏抗标么值	过载能力/倍	冲击短路电流/倍	直轴同步电抗(标么值)	交轴同步电抗(标么值)	直轴瞬变电抗(标么值)
225M	40	2-1.62	12	444	1 10	2	QZB 1.95×3.53	115		0.0342	1.127	0.685	0.052	2.4	6.56	2.01	0.977	0.282
225L	50	3-1.45	10	484			QZB 1.95×3.53	115		0.032	1.27	0.672	0.0501	2.32	6.68	2.07	1.005	0.2801
250M	64	2-1.45	14	488	1 12	4	QZ 2-1.5	180	432	0.0281	3.09	0.556	0.044	1.962	20.9	2.544		0.0904
250L	75	4-1.56	6	528		2	QZ 2-1.5	180	472	0.02145	4.03	0.553	0.044	1.95	22.3	2.561		0.0846
280S	90	3-1.45	10	571	1—14	4	QZ 3-1.4	162	484	0.0213	2.86	0.631	0.043	2.02	23	2.236		0.0821
280L	120	7-1.5	4	636		2	QZ 3 1.4	162	549	0.02025	3.24	0.587	0.038	1.96	23.8	2.39		0.0794
355M	200	6-1.5	6	691	1—13	4	QZ 4 1.35	180	605	0.0106	3.3	0.565		1.93				

机座号	额定功率/kW	定子线圈尺寸/mm A	B	C	D	F
160S1	3	121	82	70	35	47.5
160S2	5		115			
180S1	10	135	150	78	39	54
180S2	12		165			
200S	20	156	185	90	45	60
200M	24		220			
200L	30		255			

绕线模

定子线圈模

D　B　C　A　F

机座号	额定功率/kW	定子线圈尺寸/mm A	B	C	D	F
225M	40	168	250	97	48.5	68.5
225L	50		290			
250M	64	180	280	104	52	72
250L	75		320			
280S	90	238	295	138	69	89
280L	120		360			
355M	200	258	410	148	72	92

机座号	额定功率/kW	隐极式磁场线圈尺寸/mm 节距	A	B	R
250M	64	1 12	182	292	30
		2 11	148	282	25
		3—10	116	274	20
		4 9	83	268	15
		5—8	51	264	10
250L	75	1 12	182	332	30
		2 11	148	322	25
		3—10	116	314	20
		4—9	83	308	15
		5—8	51	304	10
280S	90	1 -12	208	313	50
		2—11	170	303	40
		3 10	134	293	30

绕线模

隐极式磁场线圈模

R　B　A

机座号	额定功率/kW	隐极式磁场线圈尺寸/mm 节距	A	B	R
280S	90	4 9	96	285	20
		5 8	57	279	10
280L	120	1—12	208	378	50
		2 -11	170	368	40
		3—10	134	358	30
		4 9	96	350	20
		5 8	57	334	10
355M	200	1—12	245	496	25
		2—11	198	472	20
		3—10	155	448	16
		4 9	108	425	12
		5 8	68	410	10

注：1. 第1种效率指标适用于晶闸管励磁或三次谐波励磁的发电机，第2种效率指标适用于相复励励磁的发电机。
2. 30kW发电机由225S机座改为200L机座；200kW发电机由355S机座改为355M机座。

23.2　T2S 系列三相交流同步发电机技术数据（表 23-2）



表 23-2　T2S 系列三相交流同步发电机技术数据

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	效率/%	功率因数(滞后)	稳态电压调整率/%	飞逸转速/(r/min)	励磁方式	励磁电压/V	励磁电流/A	外形尺寸/mm			质量/kg
												长	宽	高	
T2S-8	8	400/230	14.4	1500	84	0.8		1800	三次谐波励磁	67	5	605	427	405	100
T2S-10	10	400/230	18	1500		0.8	±5	1800	三次谐波励磁						
T2S-12	12	400/230	21.7	1500		0.8	±5	1800							
T2S-16	16(15)	400/230	28.9	1500	(86.5)	0.8	±3	1800							
T2S-20	20	400	36.1	1500	89.3	0.8	±3	1800	三次谐波励磁	48.5	11	630	388	500	180
T2S-24	24	400	43.3	1500	87.8	0.8	±5	1800		50	11.3	670	388	500	200
T2S-30	30	400	54.1	1500	89.3	0.8	±5	1800		60	11.3	730	515	470	250
T2S-32	32	400/230	57.8	1500	89	0.8		1800	三次谐波励磁	73	12	820	440	585	310
T2S-50	50	400/230	90.2	1500	90.5	0.8	±3	1800	三次谐波励磁	45	20	865	470	585	380
T2S-64	64	400	115.5	1500	90	0.8	±5	1800		90	11	770	600	580	400
T2S-75	75	400	135.5	1500	91.4	0.8	±3	1800		100	12	755	610	610	440
T2S-96	96	400/230	176.5	750	92	0.8			三次谐波励磁	128	26.5	1300	870	1005	1450
T2S-128	128	400/230	217.3	1000	92	0.8				88	20	1400	870	1005	1450

23.3　T2X 系列三相交流同步发电机技术数据（表 23-3 和表 23-4）

表 23-3　T2X 系列三相交流同步发电机技术数据（一）

型号	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	稳态电压调整率/%	飞逸转速/(r/min)	励磁方式	励磁电压/V	励磁电流/A
T2X225S-4	30	400	54	1500	±5	1800	相复励	48	23
T2X225M-4	40	400	72	1500	±5	1800		50.5	25
T2X225L-4	50	400	90.2	1500	±5	1800		50	30
T2X250M-4	64	400	115.5	1500	±5	1800		54	28
T2X250L-4	75	400	135.3	1500	±5	1800		59	59
T2X280S-4	90	400	162.4	1500	±5	1800		37.8	48.6
T2X280L-4	120	400	216.5	1500	±5	1800		45	52
T2X355S1 4	150	400	270.6	1500	±5	1800		78	35
T2X355S2-4	200	400	360.8	1500	±5	1800		83	39.5
T2X355M-4	250	400	451	1500	±5	1800		93	43
T2X335L-4	320	400	577.3	1500	±5	1800		120	35

表 23-4　T2X 系列三相交流同步发电机技术数据（二）

型号	额定容量		额定电流/A	效率/%	质量/kg	直接启动异步电机最大功率/kW
	kV·A	kW				
T2X-10-4	12.5	10	18.1	82.5	300	7.5
T2X-12-4	15	12	21.7	83.5	320	11
T2X-20-4	25	20	36.1	86	380	15
T2X-24-4	30	24	43.3	87	400	15
T2X-30-4	37.5	30	54.1	88	500	18.5
T2X-40-4	50	40	72.2	89	530	22
T2X-50-4	62.5	50	90.2	89.5	580	30
T2X-64-4	80	64	115.4	90	690	30
T2X-75-4	93.8	75	135.3	90.5	750	30
T2XV-40-4	50	40	72.2	89	530	22
T2XV-50-4	62.5	50	90.2	89.5	580	30
T2XV-64-4	80	64	115.4	90	690	30
T2XV-75-4	93.8	75	135.3	90.5	750	30
T2XV-90-4	113	90	162	91	950	55
T2XV-120-4	150	120	216	91.5	1105	55
T2XV-150-4	188	150	270	91.7	1400	75
T2XV-200-4	250	200	361	92	1500	100

注：T2XV 型仅是安装尺寸有别于 T2X 基本系列产品的派生产品，带有与柴油机飞轮壳直接对接的凸缘端盖。

23.4　ST2 系列单相交流同步发电机技术数据（表 23-5）



表 23-5　ST2 系列单相交流同步发电机技术数据

型号	容量/kW	电压/V		电流/A		转速/(r/min)	频率/Hz	效率/%	质量/kg
		串联	并联	串联	并联				
ST2-2-4	2	230	115	8.7	17.4	1500/1800	50/60	73	65
ST2-3-4	3	230	115	13	26	1500/1800	50/60	76	70
ST2-5-4	5	230	115	21.7	43.5	1500/1800	50/60	80	120
ST2-7.5-4	7.5	230	115	32.6	65.2	1500/1800	50/60	81	140
ST2-10-4	10	230	115	43.5	87	1500/1800	50/60	82	200
ST2-12-4	12	230	115	52.2	104.3	1500/1800	50/60	83	225
ST2-15-4	15	230	115	65.2	130.4	1500/1800	50/60	84	300
ST2-20-4	20	230	115	87	174	1500/1800	50/60	85	350

23.5 T2 系列三相交流同步发电机电磁线代用速查表（表 23-6）



表 23-6 T2 系列三相交流同步发电机电磁线代用速查表

型号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据					其他几种可选用电磁线规格													
									第1种				第2种				第3种					
				并联支路数	每槽导体数	每极匝数	线规(根-mm)或(根 a×b)	截面积/mm²	并联支路数	线规(根-mm)或(根-a×b)	截面积/mm²	误差/%	并联支路数	线规(根-mm)或(根-a×b)	截面积/mm²	误差/%	并联支路数	线规(根-mm)或(根-a×b)	截面积/mm²	每槽导体数	每极匝数
160S1	3	1500	定子	1	42		1-0.9	0.636	1	1-0.60 1-0.67	0.636	0	1	1-0.63 1 0.64	0.6336	−0.38	2	1-0.64	0.322	84	
			磁极	1		290	1 1.16	1.057	1	1 0.69 1-0.93	1.053	0.38	1	1-0.77 1 0.86	1.047	−0.95	2	1-0.57 1-0.59	0.528		580
160S2	5	1500	定子	1	26		1-1.16	1.057	1	1-0.69 1-0.93	1.053	0.38	1	1-0.77 1-0.86	1.047	−0.95	2	1-0.57 1-0.59	0.528	52	
			磁极	1		230	1 1.30	1.327	1	1 0.83 1-1.00	1.326	−0.08	1	3-0.75	1.326	−0.08	2	1-0.63 1 0.067	0.6646		460
180S1	10	1500	定子	1	18		2 1.16	2.114	1	1-1.12 1-1.20	2.116	0.09	1	1-1.06 1-1.25	2.110	0.19	2	1-0.69 1 0.93	1.053	36	
			磁极	1		147	1.25×2.26	2.825	1	0.9×3.15	2.835	0.35	1	1.0×2.8	2.80	−0.88	1	1.12×2.5	2.80		147
180S2	12	1500	定子	1	16		2-1.25	2.454	1	1-1.20 1-1.30	2.458	0.16	1	1-1.08 1-1.40	2.455	0.04	2	1-0.83 1-0.93	1.22	32	
			磁极	1		155	1.25×2.26	2.825	1	0.9×3.15	2.835	0.35	1	1.0×2.80	2.80	−0.88	1	1.12×2.5	2.80		155
200S	20	1500	定子	2	22		1-1.56	1.911	1	3-0.90	1.908	−0.16	1	1-1.00 1-1.20	1.916	0.26	2	1-0.69 1 0.86	0.955	44	
			磁极	1		95	1.81×3.28	5.937	1	1.4×4.25	5.95	0.22	1	1.9×3.15	5.985	0.81	2	1.18×2.5	2.95		190
200M	24	1500	定子	2	18		2-1.25	2.454	2	1-1.20 1-1.30	2.458	0.16	2	1 1.08 1-1.40	2.455	0.04	4	1-0.83 1-0.93	1.22	36	
			磁极	1		95	1.81×3.28	5.937	1	1.4×4.25	5.95	0.22	1	1.9×3.15	5.985	0.81	2	1.18×2.5	2.95		190
200L	30	1500	定子	4	30		1-1.35	1.431	4	1 0.95 1-0.96	1.434	0.21	4	1-0.86 1-1.04	4.43	−0.07	2	2-1.06 1-1.18	2.859	16	
			磁极	1		99	1.81× 3.28	5.937	1	1.4×4.25	5.95	0.22	1	1.9×3.15	5.985	0.81	2	1.18×2.5	2.95		198

续表

型号	额定功率/kW	额定转速/(r/min)	绕组种类	原绕组主要数据					其他几种可选用电磁线规格													
									第1种				第2种				第3种					
				并联支路数	每槽导体数	每极匝数	线规(根-mm)或(根 a×b)	截面积/mm²	并联支路数	线规(根 mm)或(根-a×b)	截面积/mm²	误差/%	并联支路数	线规(根-mm)或(根-a×b)	截面积/mm²	误差/%	并联支路数	线规(根-mm)或(根-a×b)	截面积/mm²	每槽导体数	每极匝数	
225M	40	1500	定子	2	12		2-1.62	4.12	2	1-1.04 1-1.18	4.128	0.19	2	1-0.96 3 1.20	4.117	0.07	4	1-1.08 1-1.20	2.047	24		
			磁极	1		115	1.95×3.53	6.8835	1	1.7×4.0	6.80	1.21	1	1.6×4.25	6.80	1.21	2	1.4×2.5	3.50		230	
225L	50	1500	定子	2	10		3-1.45	4.953	2	3 1.16 1 1.50	4.938	−0.30	2	3-1.20 1-1.40	4.932	0.42	4	1-1.20 1-1.30	2.458	20		
			磁极	1		115	1.95×3.53	6.8835	1	1.7×4.0	6.80	1.21	1	1.6×4.25	6.80	1.21	2	1.4×2.5	3.50		230	
250M	64	1500	定子	4	14		2-1.45	3.302	4	2-1.12 1-1.30	3.297	−0.15	4	1-1.04 2 1.25	3.303	0.03	4	1 1.16 2-1.20	3.319	14		
			磁极	1		180	2-1.50	3.534	1	1-1.06 2-1.30	3.537	0.08	1	1-0.93 2 1.35	3.541	0.20	2	2-1.06	1.766		360	
250L	75	1500	定子	2	6		4-1.56	7.644	2	4 1.35 1-1.56	7.635	−0.12	2	1-1.16 4-1.45	7.661	0.22	4	2-1.08 2 1.12	3.802	12		
			磁极	1		180	2-1.50	3.534	1	1-1.06 2-1.30	3.537	0.08	1	1-0.93 2-1.35	3.541	0.20	2	2-1.06	1.766		360	
280S	90	1500	定子	4	10		3-1.45	4.953	4	3-1.16 1-1.50	4.938	−0.30	4	3-1.20 1-1.40	4.932	0.42	4	2-1.20 2 1.30	4.916	10		
			磁极	1		162	3-1.40	4.617	1	1 1.30 2-1.45	4.629	0.26	1	2-1.35 1 1.50	4.629	0.26	2	1-1.12 1-1.30	2.312		324	
280L	120	1500	定子	2	4		7-1.50	12.369	2	8 1.30 1-1.50	12.38	0.11	2	8-1.40	12.312	−0.46	4	1-1.06 4-1.30	6.191	8		
			磁极	1		162	3-1.40	4.617	1	1-1.30 2-1.45	4.629	0.26	1	2-1.35 1-1.50	4.629	0.26	2	1-1.12 1 1.30	2.312		324	
355M	200	1500	定子	4	6		6 1.50	10.602	4	8-1.30	10.62	0.13	4	4-1.06 4-1.50	10.60	−0.02	4	4-1.25 4-1.35	10.632	4		
			磁极	1		180	4-1.35	5.724	1	2-1.30 2-1.40	5.723	0.14	1	2-1.18 2-1.50	5.720	−0.07	2	1-1.18 1-1.50	2.86		360	

附录A 常用电磁线数据

1. 漆包圆铜线常用数据（表 A-1）

表 A-1 漆包圆铜线常用数据

裸导线标称直径/mm	允许公差/mm	裸导线截面积/mm²	直流电阻计算值(20℃)/(Ω/km)	漆包线最大外径/mm		单位长度漆包线的近似质量/(kg/km)	
				Q	QZ、QQ、QY、QXY、QQS	Q	QZ、QQ、QY、QXY、QQS
0.020	±0.002	0.00031	55587		0.035		
0.025		0.00049	35574		0.040		
0.030	±0.003	0.00071	24704		0.045		
0.040		0.00126	13920		0.055		
0.050		0.00196	8949	0.065	0.065	0.019	0.022
0.060		0.00283	6198	0.075	0.090	0.027	0.029
0.070		0.00385	4556	0.085	0.100	0.036	0.039
0.080		0.00503	3487	0.095	0.110	0.047	0.050
0.090		0.00636	2758	0.105	0.120	0.059	0.063
0.100	±0.005	0.00785	2237	0.120	0.130	0.073	0.076
0.110		0.00950	1846	0.130	0.140	0.088	0.092
0.120		0.01131	1551	0.140	0.150	0.104	0.108
0.130		0.01327	1322	0.150	0.160	0.122	0.126
0.140		0.01539	1139	0.160	0.170	0.141	0.145
0.150		0.01767	993	0.170	0.190	0.162	0.167
0.160		0.0201	872	0.180	0.200	0.184	0.189
0.170		0.0227	773	0.190	0.210	0.208	0.213
0.180		0.0255	689	0.200	0.220	0.233	0.237
0.190		0.0284	618	0.210	0.230	0.259	0.264
0.200		0.0314	558	0.225	0.240	0.287	0.292
0.210		0.0346	506	0.235	0.250	0.316	0.321
0.230		0.0415	422	0.255	0.280	0.378	0.386
0.250		0.0491	357	0.275	0.300	0.446	0.454
0.27	±0.010	0.0573	306	0.31	0.32	0.522	0.529
0.29		0.0661	265	0.33	0.34	0.601	0.608
0.31		0.0755	232	0.35	0.36	0.689	0.693
0.33		0.0855	205	0.37	0.38	0.780	0.784
0.35		0.0962	182	0.39	0.41	0.876	0.884

续表

裸导线标称直径/mm	允许公差/mm	裸导线截面积/mm²	直流电阻计算值(20℃)/(Ω/km)	漆包线最大外径/mm		单位长度漆包线的近似质量/(kg/km)	
				Q	QZ、QQ、QY、QXY、QQS	Q	QZ、QQ、QY、QXY、QQS
0.38	±0.010	0.1134	155	0.42	0.44	1.03	1.04
0.41		0.1320	133	0.45	0.47	1.20	1.21
0.44		0.1521	115	0.49	0.50	1.38	1.39
0.47		0.1735	101	0.52	0.53	1.57	1.58
0.49		0.1886	93	0.54	0.55	1.71	1.72
0.51		0.204	85.9	0.56	0.58	1.86	1.87
0.53		0.221	79.5	0.58	0.60	2.00	2.02
0.55		0.238	73.7	0.60	0.62	2.16	2.17
0.57		0.255	68.7	0.62	0.64	2.32	2.34
0.59		0.273	64.1	0.64	0.66	2.48	2.50
0.62		0.302	58.0	0.67	0.69	2.73	2.76
0.64		0.322	54.5	0.69	0.72	2.91	2.94
0.67		0.353	49.7	0.72	0.75	3.19	3.21
0.69		0.374	46.9	0.74	0.77	3.38	3.41
0.72	±0.015	0.407	43.0	0.78	0.80	3.67	3.70
0.74		0.430	40.7	0.80	0.83	3.89	3.92
0.77		0.466	37.6	0.83	0.86	4.21	4.24
0.80		0.503	34.8	0.86	0.89	4.55	4.58
0.83		0.541	32.4	0.89	0.92	4.89	4.92
0.86		0.581	30.1	0.92	0.95	5.25	5.27
0.90		0.636	27.5	0.96	0.99	5.75	5.78
0.93		0.679	25.8	0.99	1.02	6.13	6.16
0.96		0.724	24.2	1.02	1.05	6.53	6.56
1.00		0.785	22.4	1.07	1.11	7.10	7.14
1.04	±0.020	0.850	20.6	1.12	1.15	7.67	7.72
1.08		0.916	19.1	1.16	1.19	8.27	8.32
1.12		0.985	17.8	1.20	1.23	8.89	8.94
1.16		1.057	16.6	1.24	1.27	9.53	9.59
1.20		1.131	15.5	1.28	1.31	10.2	10.4
1.25		1.227	14.3	1.33	1.36	11.1	11.2
1.30		1.327	13.2	1.38	1.41	12.0	12.1
1.35		1.431	12.3	1.43	1.46	12.9	13.0
1.40		1.539	11.3	1.48	1.51	13.9	14.0
1.45		1.651	10.6	1.53	1.56	14.9	15.0
1.50		1.767	9.93	1.58	1.61	15.9	16.0
1.56		1.911	9.17	1.64	1.67	17.2	17.3
1.62		2.06	8.50	1.71	1.73	18.5	18.6

续表

裸导线标称直径/mm	允许公差/mm	裸导线截面积/mm²	直流电阻计算值(20℃)/(Ω/km)	漆包线最大外径/mm		单位长度漆包线的近似质量/(kg/km)	
				Q	QZ、QQ、QY、QXY、QQS	Q	QZ、QQ、QY、QXY、QQS
1.68	±0.025	2.22	7.91	1.77	1.79	19.9	20.0
1.74		2.38	7.37	1.83	1.85	21.4	21.4
1.81		2.57	6.81	1.90	1.93	23.1	23.3
1.88		2.78	6.31	1.97	2.00	25.0	25.2
1.95		2.99	5.87	2.04	2.07	26.8	27.0
2.02		3.21	5.47	2.12	2.14	28.9	29.0
2.10		3.46	5.06	2.20	2.23	31.2	31.3
2.26	±0.030	4.01	4.37	2.36	2.39	36.2	36.3
2.44		4.68	3.75	2.54	2.57	42.1	42.2

2. 各种纤维包绝缘电磁线规格（表 A-2）

表 A-2 各种纤维包绝缘电磁线规格

铜线直径/mm	绝缘线最大外径/mm							绝缘线质量/(kg/km)						
	QST、QSR	QM	QME	M	ME	QQSBC	SBEC	QST、QSR	QM	QME	M	ME	QQSBC	SBEC
0.05	0.13	—	—				—	0.0329	—	—	—	—		—
0.06	0.14	—	—	—	—	—	—	0.0423	—	—	—	—	—	—
0.07	0.15		—	—			—	0.0531	—	—	—	—		—
0.08	0.16	—	—			—	—	0.0653	—	—	—	—		—
0.09	0.17		—	—	—	—	—	0.0790	—	—	—		—	—
0.10	0.18	—	—	—	—	—	—	0.0932	—	—	—	—	—	—
0.11	0.19	—	—	—	—	—	—	0.110	—	—	—		—	
0.12	0.20	—	—	—	—	—	—	0.127	—	—	—	—		—
0.13	0.21	—	—		—	—	—	0.147	—	—	—	—	—	—
0.14	0.22	—	—	—			—	0.167	—	—	—		—	—
0.15	0.23	—		—	—	—	—	0.189	—	—	—		—	—
0.16	0.24	—	—		—	—	—	0.212	—	—	—	—	—	—
0.17	0.25	—	—	—	—	—	—	0.237	—	—	—	—	—	—
0.18	0.26	—	—	—	—	—	—	0.263	—	—	—	—	—	—
0.19	0.27	—	—		—	—	—	0.290	—	—	—	—	—	—
0.20	0.30	0.33		0.31	0.40	—	—	0.322	0.335	—	0.324	0.385	—	—
0.21	0.31	0.34	—	0.32	0.41	—	—	0.352	0.367	—	0.355	0.417		—
0.23	0.33	0.36	—	0.34	0.43	—	—	0.417	0.432	—	0.421	0.485	—	—
0.25	0.35	0.38		0.36	0.45	—	—	0.488	0.504		0.492	0.560	—	—
0.27	0.38	0.44	—	0.40	0.50		—	0.569	0.598		0.581	0.667	—	—
0.29	0.40	0.46	—	0.42	0.52		—	0.651	0.682	—	0.663	0.753	—	—
0.31	0.43	0.48	—	0.44	0.54	—	—	0.742	0.774	—	0.751	0.845	—	—
0.33	0.45	0.50		0.46	0.56	—	—	0.836	0.871		0.845	0.942	—	—

续表

铜线直径/mm	绝缘线最大外径/mm							绝缘线质量/(kg/km)						
	QST、QSR	QM	QME	M	ME	QQSBC	SBEC	QST、QSR	QM	QME	M	ME	QQSBC	SBEC
0.35	0.47	0.52	—	0.48	0.58	—	—	0.935	0.971	—	0.944	1.050	—	—
0.38	0.50	0.56	—	0.51	0.61	—	—	1.09	1.13	—	1.11	1.222	—	—
0.41	0.53	0.59	—	0.54	0.64	—	—	1.27	1.31	—	1.27	1.395	—	—
0.44	0.56	0.62	—	0.57	0.67	—	—	1.45	1.50	—	1.46	1.588	—	—
0.47	0.59	0.65		0.60	0.70	—	—	1.65	1.69	—	1.66	1.791	—	—
0.49	0.61	0.67		0.62	0.72	—	—	1.79	1.84	—	1.80	1.939	—	—
0.51	0.64	0.69		0.64	0.74	—	0.75	1.94	1.99	—	1.94	2.088	—	2.476
0.53	0.66	0.71		0.66	0.76		0.79	2.09	2.14	—	2.09	2.236	—	2.679
0.55	0.68	0.73	—	0.68	0.78	—	0.81	2.25	2.30		2.24	2.395	—	2.853
0.57	0.70	0.75		0.70	0.80		0.83	2.40	2.46	—	2.41	2.554	—	3.033
0.59	0.72	0.77	—	0.72	0.82		0.85	2.57	2.63		2.57	2.732		3.216
0.62	0.75	0.80		0.75	0.85		0.88	2.83	2.89	—	2.83	2.923		3.502
0.64	0.77	0.82	—	0.77	0.87	—	0.90	3.01	3.07	—	3.01	3.184		3.701
0.67	0.80	0.85	—	0.80	0.90		0.93	3.30	3.36		3.29	3.467		4.008
0.69	0.82	0.87		0.82	0.92	—	0.95	3.49	3.55	—	3.48	3.636	—	4.222
0.72	0.86	0.92	1.02	0.86	0.96		0.99	3.78	3.85	4.04	3.77	3.959	—	4.531
0.74	0.88	0.94	1.04	0.88	0.98		1.01	4.02	4.08	4.27	3.99	4.187	—	4.776
0.77	0.91	0.97	1.07	0.91	1.01		1.04	4.34	4.14	4.60	4.32	4.520	—	5.725
0.80	0.94	1.00	1.10	0.94	1.04		1.07	4.68	4.75	4.95	4.64	4.863	—	5.488
0.83	0.97	1.03	1.13	0.97	1.07		1.10	5.02	5.09	5.30	5.00	5.216		5.861
0.86	1.00	1.06	1.16	1.00	1.10	—	1.13	5.38	5.46	5.67	5.36	5.569		6.249
0.90	1.04	1.10	1.20	1.04	1.14	—	1.17	5.88	5.96	6.19	5.87	6.097	—	6.787
0.93	1.07	1.13	1.23	1.07	1.17		1.20	6.27	6.36	6.58	6.26	6.489		7.201
0.96	1.10	1.16	1.26	1.10	1.20	—	1.23	6.68	6.76	6.99	6.65	6.902		7.630
1.00	1.15	1.23	1.35	1.16	1.29	1.24	1.29	7.27	7.39	7.66	7.25	7.510	7.67	8.224
1.04	1.20	1.27	1.39	1.20	1.33	1.28	1.33	7.83	7.97	8.25	7.83	8.097	8.25	8.337
1.08	1.24	1.31	1.43	1.24	1.37	1.32	1.37	8.44	8.58	8.86	8.43	8.706	8.85	9.474
1.12	1.28	1.35	1.47	1.28	1.41	1.36	1.41	9.06	9.21	9.51	9.06	9.348	9.55	10.132
1.16	1.32	1.39	1.51	1.32	1.45	1.40	1.45	9.71	9.86	10.2	9.71	10.005	10.15	10.815
1.20	1.36	1.43	1.55	1.36	1.49	1.44	1.49	10.40	10.50	10.9	10.41	10.622	10.85	11.516
1.25	1.41	1.48	1.60	1.41	1.54	1.49	1.54	11.30	11.50	11.7	11.2	11.546	11.72	12.428
1.30	1.46	1.53	1.65	1.46	1.59	1.54	1.59	12.20	12.40	12.6	12.2	12.470	12.70	13.373
1.35	1.51	1.58	1.70	1.51	1.64	1.59	1.64	13.10	13.30	13.6	13.1	13.393	13.59	14.354
1.40	1.56	1.63	1.75	1.56	1.69	1.64	1.69	14.00	14.30	14.6	14.1	14.415	14.60	15.370
1.45	1.61	1.68	1.80	1.61	1.74	1.69	1.74	15.00	15.30	15.7	15.1	15.439	15.62	16.419
1.50	1.68	1.73	1.85	1.66	1.79	1.74	1.80	16.20	16.30	16.7	16.1	16.463	16.80	17.505
1.56	1.74	1.79	1.91	1.72	1.85	1.82	1.86	17.50	17.60	18.0	17.4	17.790	18.08	18.885
1.62	1.80	1.85	1.97	1.78	1.91	1.88	1.92	18.80	18.90	19.4	18.7	19.118	19.46	20.254
1.68	1.86	1.92	2.04	1.85	1.98	1.95	1.99	20.20	20.40	20.8	20.1	20.545	20.91	21.797
1.74	1.92	1.98	2.10	1.91	2.04	2.01	2.05	21.70	21.90	22.2	21.6	21.972	22.37	23.289
1.81	1.99	2.05	2.17	1.98	2.11	2.08	2.12	23.40	23.60	24.1	23.4	23.807	24.16	25.116

续表

铜线直径/mm	绝缘线最大外径/mm							绝缘线质量/(kg/km)						
	QST、QSR	QM	QME	M	ME	QQSBC	SBEC	QST、QSR	QM	QME	M	ME	QQSBC	SBEC
1.88	2.06	2.12	2.24	2.05	2.18	—	2.19	25.20	25.40	25.9	25.2	25.639		27.000
1.95	2.13	2.19	2.31	2.12	2.25	—	2.26	27.10	27.30	27.8	27.0	27.481	—	28.944
2.02	2.20	2.26	2.38	2.19	2.32	—	2.33	29.10	29.40	29.8	29.0	29.505	—	30.925
2.10	2.28	2.34	2.46	2.27	2.40	—	2.41	31.40	31.70	32.2	31.4	31.939	—	33.369
2.26	-			—	2.62	—	2.62	—	—	—	—	36.956		38.913
2.44	—	—	—	—	2.80	—	2.80	—	—	—	—	42.950		45.063
2.63	—	—	—	—	2.99	—	2.99	—	—	—	—	49.749		52.045
2.83	—	—	—	—	3.19	—	3.19	—	—	—	—	57.452	—	59.942
3.06	—	—	—	—	3.42	—	3.42	—	—	—	—	66.568		69.273
3.28		—			3.65		3.65	—		—	—	76.975		79.750
3.53	—				3.90	—	3.90	—	—			88.915		91.977
3.80	—	—	—	—	4.17	—	4.17					102.855	·	106.161
4.10	—	—		—	4.47	—	4.47	—		—	—	119.610		123.106
4.50	—			—	4.88	—	4.88		—	—	—	143.820	-	147.672
4.80	-			—	5.18	—	5.18	—	—			163.473	—	167.550
5.20	—	—	—	—	5.53	—	5.53	—		—	—	191.580		196.003

3. QNF 型耐冷冻剂漆包圆铜线规格（表 A-3）

表 A-3　QNF 型耐冷冻剂漆包圆铜线规格

规格	漆膜最小厚度/mm		最大外径/mm		计算质量/(kg/km)	
	QNF-1/155	QNF-2/155	QNF-1/155	QNF-2/155	QNF-1/155	QNF-2/155
0.020	0.003	—	0.025	0.027	0.003352	-
0.025	0.004	—	0.031	0.034	0.005030	—
0.030	0.004		0.040	0.043	0.007058	—
0.040	0.005		0.050	0.054	0.01216	—
0.050	0.005	—	0.062	0.068	0.01870	—
0.060	0.007	0.010	0.078	0.085	0.02732	0.02835
0.070	0.007	0.012	0.088	0.095	0.03675	0.03789
0.080	0.007	0.014	0.098	0.105	0.04757	0.04884
0.090	0.008	0.015	0.110	0.117	0.05969	0.06109
0.100	0.008	0.016	0.121	0.129	0.07374	0.07484
0.112	0.009	0.017	0.134	0.145	0.08880	0.08998
0.120	0.009	0.019	0.149	0.159	0.1052	0.1064
0.130	0.009	0.019	0.154	0.164	0.1238	0.1244
0.140	0.011	0.021	0.166	0.176	0.1431	0.1437
0.150	0.011	0.021	0.176	0.186	0.1638	0.1644
0.160	0.012	0.023	0.187	0.199	0.1861	0.1881
0.170	0.012	0.024	0.197	0.209	0.2096	0.2117
0.180	0.013	0.025	0.209	0.220	0.2345	0.2380
0.190	0.014	0.026	0.219	0.230	0.2608	0.2651
0.200	0.014	0.027	0.230	0.245	0.2884	0.2929
0.210	0.015	0.029	0.240	0.255	0.3174	0.3222
0.230	0.017	0.032	0.262	0.278	0.3833	0.3874
0.250	0.017	0.032	0.284	0.301	0.4507	0.4551
0.270	0.018	0.032	0.304	0.321	0.5251	0.5295
0.280	0.018	0.033	0.315	0.334	0.5639	0.5689
0.290	0.019	0.033	0.325	0.344	0.6044	0.6091
0.315	0.019	0.035	0.352	0.371	0.6892	0.6946
0.330	0.019	0.036	0.357	0.386	0.7797	0.7922

续表

规格	漆膜最小厚度/mm		最大外径/mm		计算质量/(kg/km)	
	QNF-1/155	QNF-2/155	QNF-1/155	QNF-2/155	QNF-1/155	QNF-2/155
0.350	0.020	0.038	0.395	0.414	0.8750	0.8889
0.380	0.020	0.038	0.420	0.439	1.0303	1.0445
0.400	0.021	0.040	0.442	0.462	1.1404	1.1553
0.420	0.021	0.040	0.462	0.482	1.2560	1.2715
0.450	0.022	0.042	0.495	0.516	1.4400	1.4565
0.470	0.022	0.042	0.515	0.536	1.5695	0.5868
0.500	0.024	0.045	0.548	0.569	1.7743	1.7926
0.530	0.025	0.046	0.579	0.601	2.0007	2.0215
0.560	0.025	0.047	0.611	0.632	2.2221	2.2440
0.600	0.026	0.049	0.658	0.679	2.5580	2.5813
0.630	0.027	0.050	0.684	0.706	2.8178	2.8421
0.670	0.027	0.051	0.726	0.748	3.1837	3.2227
0.690	0.027	0.052	0.746	0.768	3.3751	3.4151
0.710	0.028	0.053	0.767	0.790	3.5720	3.613
0.750	0.029	0.053	0.809	0.832	3.9890	4.0407
0.770	0.029	0.053	0.829	0.852	4.2036	4.2557
0.800	0.030	0.056	0.861	0.885	4.5349	4.5889
0.830	0.030	0.056	0.891	0.915	4.8787	4.9346
0 850	0.031	0.058	0.913	0.937	5.1149	5.1721
0.900	0.032	0.060	0.965	0.990	5.7299	5.7903
0.930	0.032	0.060	0.995	1.020	6.1157	6.1779
0.950	0.032	0.061	1.008	1.033	6.3798	6.4432
1.000	0.034	0.063	1.068	1.093	7.0834	7.1604
1.060	0.034	0.064	1.130	1.155	7.9623	8.0336
1.120	0.034	0.065	1.192	1.217	8.8821	8.9571
1.180	0.035	0.066	1.254	1.279	9.8520	9.9308
1.250	0.035	0.067	1.325	1.351	11.047	11.130
1.300	0.036	0.068	1.397	1.423	11.943	12.029
1.350	0.036	0.068	1.430	1.460	12.873	12.963
1.400	0.036	0.069	1.479	1.506	13.839	13.931
1.450	0.036	0.069	1.529	1.556	14.839	14.935
1.500	0.037	0.070	1.581	1.608	15.874	15.973
1.560	0.037	0.070	1.641	1.668	17.163	17.266
1.600	0.038	0.071	1.683	1.711	18.079	18.185
1.700	0.038	0.072	1.785	1.813	20.396	20.508
1.800	0.039	0.073	1.888	1.916	22.852	22.970
1.900	0.039	0.074	1.990	2.018	25.449	25.573
2.000	0.040	0.075	2.092	2.120	28.184	28.315
2.120	0.040	0.076	2.214	2.243	31.671	31.789
2.240	0.041	0.077	2.336	2.366	35.340	35.465
2.360	0.041	0.078	2.459	2.488	39.210	39.342
2.500	0.042	0.079	2.601	2.631	43.980	44.119

4. QYN 型漆包铜芯聚乙烯绝缘尼龙护套线规格和性能（表 A-4）

表 A-4　QYN 型漆包铜芯聚乙烯绝缘尼龙护套线规格和性能

标称截面 /mm²	导电线芯结构			绝缘标称厚度 δ/mm	护套标称厚度 /mm	电磁线平均外径上限 /mm	导体直流电阻 /(Ω/m)	
	规格 /mm	导体偏差 /mm	最大外径 /mm				最小值	最大值
0.28	1/0.60	±0.006	0.679	0.30	0.10	1.60	0.05876	0.0622
0.31	1/0.63	±0.006	0.706	0.30	0.10	1.65	0.05335	0.05638
0.35	1/0.67	+0.007	0.749	0.30	0.10	1.70	0.04722	0.04979
0.4	1/0.71	±0.007	0.790	0.30	0.10	1.75	0.04198	0.04442
0.45	1/0.75	±0.008	0.832	0.30	0.10	1.80	0.03756	0.03987

续表

标称截面/mm²	导电线芯结构			绝缘标称厚度 δ/mm	护套标称厚度/mm	电磁线平均外径上限/mm	导体直流电阻/(Ω/m)	
	规格/mm	导体偏差/mm	最大外径/mm				最小值	最大值
0.5	1/0.80	±0.008	0.885	0.30	0.10	1.85	0.03305	0.03500
0.56	1/0.85	±0.009	0.937	0.30	0.10	1.90	0.02025	0.03104
0.63	1/0.90	+0.009	0.990	0.30	0.10	1.95	0.02612	0.02765
0.71	1/0.95	±0.010	1.041	0.30	0.10	2.00	0.02342	0.02484
0.8	1/1.00	±0.010	1.093	0.30	0.10	2.05	0.02116	0.02240
0.9	1/1.06	±0.011	1.155	0.30	0.10	2.10	0.01881	0.01995
1	1/1.12	±0.011	1.217	0.30	0.12	2.20	0.01687	0.01785
1.12	1/1.18	±0.012	1.279	0.30	0.12	2.25	0.01519	0.01609
1.25	1/1.25	±0.013	1.351	0.30	0.12	2.30	0.01353	0.01435
1.4	1/1.32	±0.013	1.423	0.30	0.12	2.40	0.01214	0.01285
1.6	1/1.40	±0.014	1.506	0.30	0.12	2.45	0.01079	0.01143
1.8	1/1.50	±0.015	1.608	0.35	0.12	2.65	0.009402	0.009955
2	1/1.60	±0.016	1.710	0.35	0.12	2.75	0.008237	0.008749
2.24	1/1.70	±0.017	1.813	0.40	0.15	3.00	0.007320	0.007750
2.5	1/1.80	±0.018	1.916	0.45	0.15	3.20	0.006529	0.006913
2.8	1/1.90	+0.019	2.018	0.45	0.15	3.30	0.005860	0.006204
3.15	1/2.00	±0.020	2.120	0.45	0.15	3.40	0.005289	0.005600
3.55	1/2.12	±0.021	2.243	0.50	0.15	3.65	0.004708	0.004983
4	1/2.24	±0.022	2.366	0.50	0.15	3.75	0.004218	0.004462
4.5	1/2.36	±0.024	2.488	0.55	0.15	4.00	0.003797	0.004023
5	1/2.50	±0.025	2.631	0.55	0.15	4.10	0.003385	0.003584

注：1. 聚乙烯绝缘厚度平均值不小于标称值的90%，其最薄处的厚度应不小于标称值的80%；聚乙燃绝缘的熔体指数不大于1.0g/10min。

2. 护套最薄处的厚度应不小于标称值 0.05mm；护套表面应光滑平整，无气泡、杂质及机械损伤。

5. SYN型绞合铜芯聚乙烯绝缘尼龙护套线规格和性能（表A-5）

表A-5　SYN型绞合铜芯聚乙烯绝缘尼龙护套线规格和性能

标称截面积/mm²	线芯结构		绝缘标称厚度 δ/mm	护套标称厚度/mm	电磁线平均外径上限/mm	导体直流电阻/(Ω/m)
	根数/单线直径/mm	线芯标称直径/mm				
3.55	7/0.80	2.40	0.55	0.15	3.90	0.005098
4.5	7/0.90	2.70	0.55	0.15	4.20	0.004028
5.6	7/1.00	3.00	0.60	0.15	4.60	0.003263
6	19/0.63	3.15	0.65	0.15	4.85	0.003028
7.1	7/1.12	3.36	0.60	0.15	4.95	0.002601
7.5	19/0.71	3.55	0.65	0.15	5.25	0.002384
8.5	19/0.75	3.75	0.65	0.15	5.45	0.002137
9.5	19/0.80	4.00	0.65	0.15	5.70	0.001878
10.6	19/0.85	4.25	0.65	0.15	5.95	0.001664
11.8	19/0.90	4.50	0.65	0.15	6.20	0.001484
13.2	19/0.95	4.75	0.65	0.15	6.45	0.001332
15	19/1.00	5.00	0.70	0.15	6.85	0.001202
17	19/1.06	5.30	0.70	0.15	7.15	0.001070
19	19/1.12	5.60	0.75	0.15	7.50	0.0009582
21.2	19/1.18	5.90	0.75	0.15	7.80	0.0003633
23.6	19/1.25	6.25	0.75	0.15	8.20	0.0007693

注：1. 绞合导电线芯的表面应光洁、干燥，表面不应有擦伤、油污及氧化变色。

2. 聚乙烯绝缘厚度平均值不小于标称值的90%，其最薄处的厚度应不小于标称值的80%；聚乙烯绝缘的熔体指数不大于1.0g/10min。

3. 护套最薄处的厚度应不小于标称值 0.05mm；护套表面应光滑平整，无气泡、杂质及机械损伤。

6. 玻璃丝包扁线品种、型号（表 A-6）

表 A-6　玻璃丝包扁线品种、型号

电磁线名称	产品型号	耐热等级	规格/mm	电磁线名称	产品型号	耐热等级	规格/mm
双玻璃丝包扁铜线	SBECB	B	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0	单玻璃丝复合漆包扁铜线	QZY/QXYSBNB	H	*a* 边 0.9～3.0 *b* 边 2.5～10.0
单玻璃丝包聚酯漆包扁铜线	QZSECB	B		双玻璃丝复合漆包扁铜线	QZY/QXYSBENB	H	
双玻璃丝包聚酯漆包扁铜线	QZSBECB	B		硅有机漆双玻璃丝包扁铜线	SBEGB	H	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
三玻璃丝包扁铜线	SBSB	B		双玻璃丝包聚酰亚胺漆包扁铜线	QYSBEGB	H	
双玻璃丝包聚酯亚胺漆包扁铜线	QZYSBEFB	F		单玻璃丝包聚酰亚胺漆包扁铜线	QYSBGB	H	
单玻璃丝包聚酯亚胺漆包扁铜线	QZYSBFB	F					

7. 扁铜线和漆包扁铜线规格（表 A-7）

表 A-7　扁铜线和漆包扁铜线规格

扁铜线尺寸厚×宽/mm	漆包扁铜线最大尺寸厚×宽/mm	漆包线单位质量/(kg/km)	扁铜线尺寸厚×宽/mm	漆包扁铜线最大尺寸厚×宽/mm	漆包线单位质量/(kg/km)
0.9×2.5	1.04×2.66	18.9	1.0×2.65	1.14×2.79	22.12
0.9×2.65	1.04×2.81	20.12	1.0×2.8	1.14×2.96	23.48
0.9×2.8	1.04×2.96	21.34	1.0×3.0	1.14×3.17	25.3
0.9×3.0	1.04×3.17	22.99	1.0×3.15	1.14×3.32	26.65
0.9×3.15	1.04×3.32	24.21	1.0×3.35	1.14×3.52	28.46
0.9×3.35	1.04×3.52	25.84	1.0×3.55	1.14×3.72	30.27
0.9×3.55	1.04×3.72	27.47	1.0×3.75	1.14×3.92	32.08
0.9×3.75	1.04×3.92	29.1	1.0×4.0	1.14×4.17	34.34
0.9×4.0	1.04×4.17	31.14	1.0×4.25	1.14×4.42	36.6
0.9×4.25	1.04×4.42	33.17	1.0×4.5	1.14×4.67	38.86
0.9×4.5	1.04×4.67	35.21	1.0×4.75	1.14×4.93	41.13
0.9×4.75	1.04×4.93	37.26	1.0×5.0	1.15×5.19	43.47
0.9×5.0	1.05×5.19	39.38	1.0×5.3	1.15×5.49	46.19
0.9×5.3	1.05×5.49	41.83	1.0×5.6	1.15×5.79	48.91
0.9×5.6	1.05×5.79	44.28	1.0×6.0	1.15×6.19	52.53
0.95×2.5	1.09×2.66	19.84	1.0× 6.3	1.15×6.5	55.27
0.95×2.8	1.09×2.96	22.42	1.06×2.5	1.2×2.66	22.11
0.95×3.15	1.09×3.32	25.44	1.06×2.8	1.2×2.96	24.98
0.95×3.35	1.09×3.72	28.87	1.06×3.15	1.2×3.32	28.34
0.95×4.0	1.09×4.17	32.74	1.06×3.55	1.2×3.72	32.17
0.95×4.5	1.09×4.67	37.04	1.06×4.0	1.2×4.17	36.48
0.95×5.0	1.10×5.19	41.43	1.06×4.5	1.2×4.67	41.27
0.95×5.6	1.10×5.79	46.6	1.06×5.0	1.21×5.19	45.15
1.0×2.5	1.14×2.66	20.77	1.06×5.6	1.21×5.79	51.9

续表

扁铜线尺寸厚×宽/mm	漆包扁铜线最大尺寸厚×宽/mm	漆包线单位质量/(kg/km)	扁铜线尺寸厚×宽/mm	漆包扁铜线最大尺寸厚×宽/mm	漆包线单位质量/(kg/km)
1.06×6.3	1.21×6.5	58.64	1.25×3.35	1.4×3.52	35.96
1.12×2.5	1.26×2.66	23.45	1.25×3.55	1.4×3.72	38.21
1.12×2.65	1.26×2.81	24.97	1.25×3.75	1.4×3.92	40.46
1.12×2.8	1.26×2.96	26.48	1.25×4.0	1.4×4.17	43.28
1.12×3.0	1.26×3.17	28.52	1.25×4.25	1.4×4.42	46.1
1.12×3.15	1.26×3.32	30.03	1.25×4.5	1.4×4.67	48.91
1.12×3.35	1.26×3.52	32.05	1.25×4.75	1.4×4.93	51.75
1.12×3.55	1.26×3.72	34.07	1.25×5.0	1.4×5.19	54.15
1.12×3.75	1.26×3.92	36.1	1.25×5.3	1.4×5.49	58.03
1.12×4.0	1.26×4.17	38.62	1.25×5.6	1.41×5.79	61.42
1.12×4.25	1.26×4.42	41.15	1.25×6.0	1.41×6.19	65.93
1.12×4.5	1.26×4.67	43.67	1.25×6.3	1.41×6.5	69.34
1.12×4.75	1.26×4.93	46.22	1.25×6.7	1.41×6.9	73.85
1.12×5.0	1.27×5.19	48.83	1.25×7.1	1.41×7.3	78.36
1.12×5.3	1.27×5.49	51.86	1.25×7.5	1.41×7.7	82.88
1.12×5.6	1.27×5.79	54.9	1.25×8.0	1.41×8.2	88.52
1.12×6.0	1.27×6.19	58.95	1.32×2.5	1.47×2.66	27.94
1.12×6.3	1.27×6.5	62.01	1.32×2.8	1.47×2.96	31.50
1.12×6.7	1.27×6.9	66.05	1.32×3.15	1.47×3.32	35.68
1.12×7.1	1.27×7.3	70.11	1.32×3.55	1.47×3.72	40.43
1.18×2.5	1.32×2.66	24.8	1.32×4.0	1.47×4.17	45.78
1.18×2.8	1.32×2.96	27.99	1.32×4.5	1.47×4.67	51.72
1.18×3.15	1.32×3.32	31.72	1.32×5.0	1.48×5.19	57.77
1.18×3.55	1.32×3.72	35.98	1.32×5.6	1.48×5.79	64.91
1.18×4.0	1.32×4.17	40.76	1.32×6.3	1.48×6.5	73.27
1.18×4.5	1.32×4.67	46.08	1.32×7.0	1.48×7.3	82.79
1.18×5.0	1.32×5.19	51.5	1.32×8.0	1.48×8.2	93.51
1.18×5.6	1.32×5.79	57.9	1.4×2.5	1.55×2.66	29.73
1.18×6.3	1.33×6.5	65.38	1.4×2.65	1.55×2.81	31.62
1.18×7.1	1.39×7.3	73.91	1.4×2.8	1.55×2.96	33.51
1.25×2.5	1.40×2.66	26.37	1.4×3.0	1.55×3.17	36.04
1.25×2.65	1.40×2.81	28.06	1.4×3.15	1.55×3.32	37.93
1.25×2.8	1.4×2.96	29.75	1.4×3.35	1.55×3.52	40.45
1.25×3.0	1.4×3.17	32.02	1.4×3.55	1.55×3.72	42.97
1.25×3.15	1.4×3.32	33.71	1.4×3.75	1.55×3.92	45.49

续表

扁铜线尺寸厚×宽/mm	漆包扁铜线最大尺寸厚×宽/mm	漆包线单位质量/(kg/km)	扁铜线尺寸厚×宽/mm	漆包扁铜线最大尺寸厚×宽/mm	漆包线单位质量/(kg/km)
1.4×4.0	1.55×4.17	48.64	1.6×3.75	1.75×3.92	52.19
1.4×4.25	1.55×4.42	51.79	1.6×4.0	1.75×4.17	55.78
1.4×4.5	1.55×4.67	54.94	1.6×4.25	1.75×4.42	59.37
1.4×4.75	1.55×4.93	58.11	1.6×4.5	1.75×4.67	62.97
1.4×5.0	1.56×5.19	61.34	1.6×4.75	1.75×4.93	66.58
1.4×5.3	1.56×5.49	65.13	1.6×5.0	1.76×5.19	70.26
1.4×5.6	1.56×5.79	68.91	1.6×5.3	1.76×5.49	74.58
1.4×6.0	1.56×6.19	73.96	1.6×5.6	1.76×5.79	78.90
1.4×6.3	1.56×6.5	77.76	1.6×6.0	1.76×6.19	84.66
1.4×6.7	1.56×6.9	82.81	1.6×6.3	1.76×6.5	89.00
1.4×7.1	1.56×7.3	87.86	1.6×6.7	1.76×6.9	94.76
1.4×7.5	1.56×7.7	92.91	1.6×7.1	1.76×7.3	100.52
1.4×8.0	1.56×8.2	99.21	1.6×7.5	1.76×7.7	106.27
1.4×8.5	1.56×8.7	105.52	1.6×8.0	1.76×8.2	113.47
1.4×9.0	1.56×9.2	111.83	1.6×8.5	1.76×8.7	120.67
1.5×2.5	1.65×2.66	31.87	1.6×9.0	1.76×9.2	127.87
1.5×2.8	1.65×2.96	36.01	1.6×9.5	1.76×9.7	135.07
1.5×3.15	1.65×3.32	40.74	1.7×2.5	1.85×2.66	35.11
1.5×3.55	1.65×3.72	46.14	1.7×2.8	1.85×2.96	39.68
1.5×4.0	1.65×4.17	52.21	1.7×3.15	1.85×3.32	45.04
1.5×4.5	1.65×4.67	58.35	1.7×3.55	1.85×3.72	51.15
1.5×5.0	1.65×5.19	65.80	1.7×4.0	1.85×4.17	58.04
1.5×5.6	1.66×5.79	73.91	1.7×4.5	1.85×4.67	65.65
1.5×6.3	1.66×6.5	83.38	1.7×5.0	1.86×5.19	73.39
1.5×7.1	1.66×7.3	94.19	1.7×5.6	1.86×5.79	82.56
1.5×8.0	1.66×8.2	106.34	1.7×6.3	1.86×6.5	93.28
1.5×9.0	1.66×9.2	119.85	1.7×7.1	1.86×7.3	105.51
1.6×10.0	1.76×10.23	142.26	1.7×8.0	1.86×8.2	119.26
1.6×2.5	1.75×2.66	34.20	1.7×9.0	1.86×9.2	134.55
1.6×2.65	1.75×2.81	36.36	1.7×10.0	1.86×10.23	149.95
1.6×2.8	1.75×2.96	38.52	1.8×2.5	1.95×2.66	37.34
1.6×3.0	1.75×3.17	41.40	1.8×2.65	1.95×2.81	39.77
1.6×3.15	1.75×3.32	43.56	1.8×2.8	1.95×2.96	42.19
1.6×3.35	1.75×3.52	46.44	1.8×3.0	1.95×3.17	45.39
1.6×3.55	1.75×3.72	49.31	1.8×3.15	1.95×3.32	47.86

续表

扁铜线尺寸 厚×宽 /mm	漆包扁铜线最 大尺寸厚×宽 /mm	漆包线 单位质量 /(kg/km)	扁铜线尺寸 厚×宽 /mm	漆包扁铜线最 大尺寸厚×宽 /mm	漆包线 单位质量 /(kg/km)
1.8×3.35	1.95×3.52	51.09	2.0×3.15	2.16×3.32	53.50
1.8×3.55	1.95×3.72	54.32	2.0×3.35	2.16×3.52	57.00
1.8×3.75	1.95×3.92	57.55	2.0×3.55	2.16×3.72	60.68
1.8×4.0	1.95×4.17	61.59	2.0×3.75	2.16×3.92	64.26
1.8×4.25	1.95×4.42	65.62	2.0×4.0	2.16×4.17	68.75
1.8×4.5	1.95×4.67	69.66	2.0×4.25	2.16×4.42	73.37
1.8×4.7	1.95×4.93	73.72	2.0×4.5	2.16×4.67	77.72
1.8×5.0	1.96×5.19	77.85	2.0×4.75	2.16×4.93	82.22
1.8×5.3	1.96×5.49	82.70	2.0×5.0	2.17×5.19	86.77
1.8×5.6	1.96×5.79	87.55	2.0×5.3	2.17×5.49	92.16
1.8×6.0	1.96×6.19	94.02	2.0×5.6	2.17×5.79	97.54
1.8×6.3	1.96×6.5	98.90	2.0×6.0	2.17×6.19	104.72
1.8×6.7	1.96×6.9	105.37	2.0×6.3	2.17×6.5	110.13
1.8×7.1	1.96×7.3	111.84	2.0×6.7	2.17×6.9	117.31
1.8×7.5	1.96×7.7	118.31	2.0×7.1	2.17×7.3	124.29
1.8×8.0	1.96×8.2	126.39	2.0×7.5	2.17×7.7	131.68
1.8×8.5	1.96×8.7	134.48	2.0×8.0	2.17×8.2	140.65
1.8×9.0	1.96×9.2	142.57	2.0×8.5	2.17×8.7	149.63
1.8×9.5	1.96×9.7	150.65	2.0×9.0	2.17×9.2	158.60
1.8×10.0	1.96×10.23	158.86	2.0×9.5	2.17×9.7	167.58
1.9×2.8	2.05×2.96	44.69	2.12×10.0	2.29×10.23	187.37
1.9×3.15	2.05×3.32	50.67	2.12×3.15	2.28×3.32	56.88
1.9×3.55	2.05×3.72	57.49	2.12×3.55	2.28×3.72	64.48
1.9×4.0	2.05×4.17	65.16	2.12×4.0	2.28×4.17	73.03
1.9×4.5	2.05×4.67	73.68	2.12×4.5	2.28×4.67	82.54
1.9×5.0	2.06×5.19	82.31	2.12×5.0	2.29×5.19	92.13
1.9×5.6	2.06×5.79	92.55	2.12×5.6	2.29×5.79	103.54
1.9×6.3	2.06×6.5	104.52	2.12×6.3	2.29×6.5	116.87
1.9×7.1	2.06×7.3	118.70	2.12×7.1	2.29×7.3	132.09
1.9×8.0	2.06×8.2	133.52	2.12×8.0	2.29×8.2	149.21
1.9×9.0	2.06×9.2	150.59	2.12×9.0	2.29×9.2	168.23
1.9×10.0	2.06×10.23	167.77	2.24×10	2.41×10.23	198.06
2.0×10.0	2.17×10.23	176.68	2.24×3.15	2.4×3.32	60.26
2.0×2.8	2.16×2.96	47.21	2.24×3.35	2.4×3.52	64.28
2.0×3.0	2.16×3.17	50.81	2.24×3.55	2.4×3.72	68.29

续表

扁铜线尺寸厚×宽/mm	漆包扁铜线最大尺寸厚×宽/mm	漆包线单位质量/(kg/km)	扁铜线尺寸厚×宽/mm	漆包扁铜线最大尺寸厚×宽/mm	漆包线单位质量/(kg/km)
2.24×3.75	2.4×3.92	72.3	2.5×6.0	2.67×6.19	129.80
2.24×4.0	2.4×4.17	77.32	2.5×6.3	2.67×6.5	136.54
2.24×4.25	2.4×4.42	82.32	2.5×6.7	2.67×6.9	145.50
2.24×4.5	2.4×4.67	87.85	2.5×7.1	2.67×7.3	154.46
2.24×4.75	2.4×4.93	92.39	2.5×7.5	2.67×7.7	163.42
2.24×5.0	2.41×5.19	92.48	2.5×8.0	2.67×8.2	174.62
2.24×5.3	2.41×5.49	103.51	2.5×8.5	2.67×8.7	185.81
2.24×5.6	2.41×5.79	109.53	2.5×9.0	2.67×9.2	197.01
2.24×6.0	2.41×6.19	117.57	2.5×9.5	2.67×9.7	208.21
2.24×6.3	2.41×6.5	123.62	2.5×10	2.67×10.23	219.54
2.24×6.7	2.41×6.9	131.65	2.65×4.0	2.81×4.17	90.28
2.24×7.1	2.41×7.3	139.68	2.65×4.5	2.81×4.67	102.14
2.24×7.5	2.41×7.7	147.72	2.65×5.0	2.82×5.19	114.10
2.24×8.0	2.41×8.2	157.76	2.65×5.6	2.82×5.79	128.33
2.24×8.5	2.41×8.7	167.8	2.65×6.3	2.82×6.5	144.97
2.24×9.0	2.41×9.2	177.85	2.65×7.1	2.82×7.3	163.95
2.24×9.5	2.41×9.7	187.89	2.65×8.0	2.82×8.2	185.31
2.36×3.55	2.52×3.72	70.42	2.65×9.0	2.82×9.2	209.04
2.36×4.0	2.52×4.17	79.93	2.65×10.0	2.82×10.23	232.9
2.36×4.5	2.52×4.67	90.49	2.8×4.0	2.96×4.17	95.64
2.36×5.0	2.53×5.19	101.16	2.8×4.25	2.96×4.42	101.9
2.36×5.6	2.53×5.79	113.85	2.8×4.5	2.96×4.67	108.17
2.36×6.3	2.53×6.5	128.68	2.8×4.75	2.96×4.93	114.45
2.36×7.1	2.53×7.3	145.60	2.8×5.0	2.97×5.19	120.79
2.36×8.0	2.53×8.2	164.64	2.8×5.3	2.97×5.49	128.31
2.36×9.0	2.53×9.2	185.7	2.8×5.6	2.97×5.79	135.83
2.36×10	2.53×10.23	207.07	2.8×6.0	2.97×6.19	145.85
2.5×3.55	2.66×3.72	74.86	2.8×6.3	2.97×6.5	153.4
2.5×3.75	2.66×3.92	79.33	2.8×6.7	2.97×6.9	163.42
2.5×4.0	2.66×4.17	84.93	2.8×7.1	2.97×7.3	173.45
2.5×4.25	2.66×4.42	90.52	2.8×7.5	2.97×7.7	183.47
2.5×4.5	2.66×4.97	96.12	2.8×8.0	2.97×8.2	196.00
2.5×4.75	2.66×7.93	101.74	2.8×8.5	2.97×8.7	208.54
2.5×5.0	2.67×5.19	107.40	2.8×9.0	2.97×9.2	221.07
2.5×5.3	2.67×5.49	114.12	2.8×9.5	2.97×9.7	233.6
2.5×5.6	2.67×5.79	120.84	2.8×10.0	2.97×10.23	246.26

附录B 常用绝缘材料数据

1. 常用绝缘漆的主要特性及用途（表 B-1）

表 B-1 常用绝缘漆的主要特性及用途

型号	名称	颜色	溶剂	漆膜干燥条件			耐热等级	主要用途
				类型	温度/℃	时间/h		
1010 1011	沥青漆	黑色	200 号溶剂、二甲苯	烘干	105±2	6 3	A	用于浸渍电机转子和定子线圈及其他不耐油的电器零部件
1210 1211	沥青漆	黑色	200 号溶剂、二甲苯	烘干 气干	105±2 20±2	10 3	A	用于电机绕组覆盖用，系晾干漆，干燥快，在不需耐油处可以代替晾干灰磁漆用
1012	耐油性青漆	黄至褐色	200 号溶剂	烘干	105±2	2	A	用于浸渍电机、电器线圈
1030	醇酸青漆	黄至褐色	甲苯及二甲苯	烘干	120±2	2	B	用于浸渍电机、电器线圈外，也可作覆盖漆和胶黏剂
1032	三聚氰胺醇酸树脂漆	黄至褐色	200 号溶剂、二甲苯	烘干	105±2	2	B	用于热带型电机、电器线圈作浸渍之用
1033	三聚氰胺环氧树脂浸渍漆	黄至褐色	二甲苯、丁醇	烘干	120±2	2	B	用于浸渍湿热带电机、变压器、电工仪表线圈以及电器零部件表面覆盖
1320 1321	覆盖瓷漆	灰色	二甲苯	烘干 气干	105±2 20±2	3 24	E	用于电机定子和电器线圈的覆盖及各种绝缘零部件表面修饰
1350	硅有机覆盖漆	红色	二甲苯 甲苯	烘干	180		H	适用于 H 级电机、电器线圈作表面覆盖层，可先在 110～120℃下预热，然后在 180℃烘干
1610 1611	硅钢片漆		煤油	烘干	210±2	≤12min	A	系高温 450～550℃快干漆

2. 常用绝缘漆布的品种性能和用途（表 B-2）

表 B-2 常用绝缘漆布的品种性能和用途

名　称	型　号	耐热等级	特性和用途
油性漆布（黄漆布）	2010 2012	A	2010 柔软性好，但不耐油。可用于一般电机、电器的衬垫或线圈绝缘。2012 耐油性好，可用于在变压器油或汽油气侵蚀的环境中工作的电机、电器中作衬垫或线圈绝缘
油性漆绸（黄漆绸）	2210 2212	A	具有较好的电气性能和良好的柔软性。2210 适用于电机、电器薄层衬垫或线圈绝缘；2212 耐油性好，适用于在变压器油或汽油气侵蚀的环境中工作的电机、电器中作薄层衬垫或线圈绝缘
油性玻璃漆布（黄玻璃漆布）	2412	E	耐热性较 2010、2012 漆布好。适用于一般电机、电器的衬垫和线圈绝缘，以及在油中工作的变压器、电器的线圈绝缘
沥青醇酸玻璃漆布（黑玻璃漆布）	2430	B	耐潮性较好，但耐苯和耐变压器油性差，适用于一般电机、电器的衬垫和线圈绝缘

续表

名　称	型　号	耐热等级	特性和用途
醇酸玻璃漆布	2432	B	耐油性较好，并具有一定的防霉性。可用作油浸变压器、油断路器等线圈绝缘
醇酸玻璃-聚酯交织漆布	2432-1		
环氧玻璃漆布	2433	B	具有良好的耐化学药品腐蚀性，良好的耐湿热性和较高的力学性能和电气性能，适用于化工电机、电器槽、衬垫和线圈绝缘
环氧玻璃-聚酯交织漆布	2433-1		
有机硅玻璃漆布	2450	H	具有较高的耐热性，良好的柔软性，耐霉、耐油和耐寒性好。适用于H级电机、电器的衬垫和线圈绝缘

3. 电工常用薄膜的性能和用途（表B-3）

表B-3　电工常用薄膜的性能和用途

名称	常态击穿强度/(kV/mm)	耐热等级	厚度/mm	用　途
聚丙烯薄膜	>150		0.006～0.02	电容器介质
聚酯薄膜	>130	E	0.006～0.10	低压电机、电器线圈匝间、端部包扎、衬垫、电磁线绕包、E级电机槽绝缘和电容器介质
聚萘酯薄膜	>210	F	0.02～0.10	F级电机槽绝缘，导线绕包绝缘和线圈端部绝缘
芳香族聚酰胺薄膜	90～130	H	0.03～0.06	E、H级电机槽绝缘
聚酰亚胺薄膜	100～130	C	0.03～0.06	H级电机、微电机槽绝缘，电机、电器绕组和起重电磁铁外包绝缘以及导线绕包绝缘

4. 电工常用黏带的特性和用途（表B-4）

表B-4　电工常用黏带的特性和用途

名　称	常态击穿强度/(kV/mm)	厚度/mm	用　途
聚乙烯薄膜黏带	>30	0.22～0.26	有一定的电气性能和力学性能，柔软性好，粘接力较强，但耐热性低于Y级，可用于一般电线接头包扎绝缘
聚乙烯薄膜纸黏带	>10	0.10	包扎服帖，使用方便，可代替黑胶布带作电线接头包扎绝缘
聚氯乙烯薄膜黏带	>10	0.14～0.19	有一定的电气性能和力学性能，较柔软，粘接力强，但耐热性低于Y级。供作电压为500～6000V电线接头包扎绝缘
聚酯薄膜黏带	>100	0.055～0.17	耐热性较好，机械强度高。可用于半导体元件密封绝缘和电机线圈绝缘
环氧玻璃黏带	>6①	0.17	具有较高的电气性能和力学性能。可作变压器铁芯绑扎材料、属B级绝缘
有机硅玻璃黏带	>0.6①	0.15	有较高的耐热性、耐寒性和耐潮性，以及较好的电气性能和力学性能。可用于H级电机、电器线圈绝缘和导线连接绝缘
硅橡胶玻璃黏带	3～5①		有较高的耐热性、耐寒性和耐潮性，以及较好的电气性能和力学性能。可用于H级电机、电器线圈绝缘和导线连接绝缘。但柔软性较好

① 击穿电压（kV）。

5. 电工常用复合制品的性能和用途（表 B-5）

表 B-5 电工常用复合制品的性能和用途

名 称	型号或代号	厚度/mm	耐热等级	常态击穿电压（平均值）/kV	用 途
聚酯薄膜绝缘纸复合箔	6520	0.15～0.30	E	6.5～12	用于E级电机槽绝缘、端部层间绝缘
聚酯薄膜玻璃漆布复合箔	6530	0.17～0.24	B	8～12	用于B级电机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘。可用于湿热地区
聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔	DMD	0.20～0.25	B	10～12	用于B级电机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘。可用于湿热地区
聚酯薄膜芳香族聚酰胺纤维纸复合箔	NMN	0.25～0.30	F	12～15	用于F级电机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘
聚酰亚胺薄膜芳香族聚酰胺纤维纸复合箔	NHN	0.25～0.30	H	7～12	用于F级电机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘。但适用于H级电机

6. 电工常用绝缘漆管主要性能及有关参数（表 B-6）

表 B-6 电工常用绝缘漆管主要性能及有关参数

型号、名称	耐压等级	规格/mm		壁厚/mm		组成材料	
		标准内径	公差	标准壁厚	公差	底材	浸渍物
2730 醇酸玻璃漆管	B	1、1.5	+0.2 0.1	0.4	±0.10	无碱玻璃丝管	醇酸清漆
		2、2.5、3、3.5	+0.3 0.1	0.5	±0.15		
		4、5、6	+0.4 −0.2	0.6	±0.20		
		7、8、9	+0.5 −0.3	0.7	±0.20		
		10、12、14、16	+0.8 −0.5	0.8	±0.20		
		18、20、22、25、27	±1.0	1.0	±0.30		
2731 聚氯乙烯玻璃漆管	E (B)	1、1.5	+0.2 −0.1	0.4	±0.10	无碱玻璃丝管	聚氯乙烯树脂
		2、2.5、3、3.5	+0.3 −0.1	0.5	±0.15		
		4、5、6	+0.4 −0.2	0.6	±0.2		
		7、8、9	+0.5 −0.3	0.7	±0.2		
		10、12、14、16	+0.8 −0.5	0.8	±0.2		
		18、20、22、25、27	±1.0	1.0	±0.3		
2750 有机硅玻璃漆管	H	1、1.5	+0.2 −0.1	0.3	±0.10	无碱玻璃丝管	有机硅漆
		2、2.5、3、3.5	+0.3 −0.1	0.4	±0.15		
		4、5、6	+0.4 −0.2	0.5	±0.15		
		7、8、9	+0.5 0.3	0.6	±0.20		
		10、12、14、16	+0.8 0.5	0.7	±0.20		

附录C 常用辅助材料数据

1. 电机常用引接线的型号与规格（表 C-1）

表 C-1 电机常用引接线的型号与规格

产品名称	型号	额定电压 /V	连续运行导体 最高温度/℃	截面积 /mm²
铜芯聚氯乙烯绝缘电机绕组引接电缆(电线)	JV	500	70	0.12～50
铜芯丁腈聚氯乙烯复合物绝缘电机绕组引接电缆(电线)	JF (JBF)			
铜芯橡皮绝缘丁腈护套电机绕组引接电缆(电线)	JXN (JBQ)	500 1000 3000 6000	70	0.5～120 0.5～120 2.5～120 2.5～120
铜芯橡皮绝缘氯丁腈护套电机绕组引接电缆(电线)	JXF (JBHF)			
铜芯乙丙橡皮绝缘电机绕组引接电缆(电线)	JE (JFE)	500 1000 3000 6000	90	0.2～10 0.2～240 2.5～240 16～240
铜芯乙丙橡皮绝缘氯磺化聚乙烯护套电机绕组引接电缆(电线)	JEH (JFEH)	500 1000 3000 6000	90	0.2～120 0.5～120 2.5～120 16～240
铜芯乙丙橡皮绝缘氯醚护套电机绕组引接电缆(电线)	JEM (JFEM)			
铜芯氯磺化聚乙烯绝缘电机绕组引接电缆(电线)	JH (JBYH)	500 1000 3000	90	0.2～10 0.2～240 2.5～240
铜芯硅橡皮绝缘电机绕组引接电缆(电线)	JG (JHG)	500 1000	180	0.75～95 0.75～95

注：括号中的型号为旧标准的型号。

2. 三相电机引接线选用表（表 C-2）

表 C-2 三相电机引接线选用表

额定功率/kW	额定电流/A	截面积/mm²	采用引出线的规格/(线股/mm)
0.35 以下	1.2 以下	0.3	16/0.15
0.6～1.1	1.6～2.7	0.7～0.8	40/0.15,19/0.23
1.5～2.2	3.6～5	1～1.2	7/0.43,19/0.26,32/0.2,38/0.2,40/0.19
2.8～4.5	6～10	1.7～2	32/0.26,37/0.26,40/0.25
5.5～7	11～15	2.5～3	19/0.41,48/0.26,56/0.26,7/0.7
7.5～10	15～20	4～5	49/0.32,19/0.52,63/0.32,7/0.9
13～20	25～40	10	19/0.82,7/1.33
22～30	44～57	15	49/0.64,133/0.39
40	77	23～25	19/1.28,98/0.58
55～75	105～145	35～40	19/1.51,19/1.68,133/0.58

3. 槽楔及垫条常用材料（表C-3）

表C-3 槽楔及垫条常用材料

耐热等级	槽绝缘及垫条的材料名称、型号、长度	槽楔推力/N
A	竹(经油煮处理)、红钢纸、电工纸板(比槽绝缘短2～3mm)	155
E	酚醛层压板3020、3021、3022、3023；酚醛层压板3025、3027(比槽绝缘短2～3mm)	200
B	酚醛层压玻璃布板3230、3231(比槽绝缘短4～6mm)；MDB复合槽楔(长度等于槽绝缘)	244
F	环氧酚醛玻璃布板3240(比槽绝缘短4～6mm)，MDB复合槽楔(等于槽绝缘长度)	247
H	有机硅环氧层压玻璃布板3250 有机硅层压玻璃布板3251 聚二苯醚层压玻璃布板9330(比槽绝缘短4～6mm)	247

参考文献

[1] 周鹤良主编. 电气工程师手册. 北京：中国电力出版社，2008.

[2] 龚顺镒主编. 电工电子手册. 北京：中国电力出版社，2008.

[3] 周希章主编. 电工技术手册. 北京：中国电力出版社，2004.

[4] 丰礼傅，唐孝镐主编. 异步电动机设计手册. 北京：机械工业出版社，2007.

[5] 张春蕾等主编. 简明电机修理技术手册. 北京：中国电力出版社，2005.

[6] 孙克军主编. 电机修理速查手册. 第2版. 北京：中国电力出版社，2008.

[7] 陈世坤主编. 电机设计. 第2版. 北京：机械工业出版社，1997.

[8] 唐蕴璆，史乃编著. 电机学. 第2版. 北京：机械工业出版社，2008.

[9] 曾成碧，赵莉华编. 电机学. 北京：机械工业出版社，2010.

[10] 许实章主编. 电机学. 北京：机械工业出版社，1996.

[11] 冯欣南编. 电机学. 北京：机械工业出版社，1995.

[12] 李圣年编著. 潜水电泵检修技术问答. 北京：化学工业出版社，2008.

[13] 杨万青编著. 防爆防腐电机检修技术问答. 北京：化学工业出版社，2008.

[14] 孙克军主编. 常用电机与变压器技术问答. 北京：机械工业出版社，2007.

[15] 孙克军主编. 维修电工技术问答. 北京：中国电力出版社，2003.

[16] 王吉华主编. 电机维修工快速入门. 北京：国防工业出版社，2007.

[17] 孙克军主编. 交流异步电动机修理速成. 北京：中国电力出版社，2004.

[18] 乔长君，姜洪文主编. 电机修理技术. 北京：化学工业出版社，2003.

[19] 魏炳贵主编. 电力拖动基础. 北京：机械工业出版社，1994.

[20] 李法海，王岩编著. 电机与拖动. 北京：清华大学出版社，2005.

[21] 胡岩等编著. 小型电动机现代实用设计技术. 北京：机械工业出版社，2008.

[22] 张春蕾等主编. 电机选用安装与故障检修. 北京：中国电力出版社，2007.

[23] 孙克军等编著. 中小型交流电机绕组制造工艺与试验方法. 北京：机械工业出版社，2000.

[24] 上海市电子电器技术协会主编. 中小微型电机修理手册. 上海：上海科学技术出版社，1989.

[25] 中国电器工业协会微电机分会，西安微电机研究所编著. 微特电机应用手册. 福州：福建科学技术出版社，2007.

[26] 王永昌编. 电机制造工艺. 北京：机械工业出版社，1990.

[27] 上海电器科学研究所编. 中小型电机产品样本. 北京：机械工业出版社，2003.

化学工业出版社电气类图书推荐

书号	书　　名	开本	装订	定价/元
00772	继电器及继电保护装置实用技术手册	16	精装	85
00333	电缆及其附件手册	16	精装	72
02017	电力电缆头制作与故障测寻	大 32	平装	22
02383	电力电缆选型与敷设	大 32	平装	20
02014	工厂实用电气技术问答	大 32	平装	20
01079	三相异步电动机检修技术问答	大 32	平装	18
01362	直流电动机检修技术问答	大 32	平装	18
02363	防腐防爆电机检修技术问答	大 32	平装	21
02217	电机节能技术问答	大 32	平装	23
9249	小功率异步电动机维修技术	16	平装	39
01535	高压交流电动机检修技术问答	大 32	平装	18
02363	防爆防腐电机检修技术问答	大 32	平装	23
03224	潜水电泵检修技术问答	大 32	平装	27
03968	牵引电动机检修技术问答	大 32	平装	28
03742	三相交流电动机绕组布线接线图册	大 32	平装	35
05678	电机绕组接线图册	横 16	平装	59
05718	电机绕组布线接线彩色图册	大 32	平装	49
00911	图解变压器检修操作技能	16	平装	35
9333	化工设备电气控制电路详解	16	平装	25
9334	工厂电气控制电路实例详解	16	平装	25
04212	低压电动机控制电路解析	16	平装	38
04759	工厂常见高压控制电路解析	16	平装	42
01696	图解电工操作技能	大 32	平装	21
00023	电工计算 100 例	大 32	平装	19
9786	电工必读	大 32	平装	23
9128	电气工人识图 100 例	16	平装	23
8966	电气技术丛书——UPS 应用技术	16	平装	28
02672	电工电路快速识读 200 例	大 32	平装	28
05368	怎样识读电动机控制电路图	大 32	平装	15
9852	电气技术丛书——自备电厂	16	平装	45
01473	电气技术丛书——防雷与接地技术	16	平装	30
02191	电气技术丛书——35kV 及以下电力电缆技术	16	平装	25

书号	书　　名	开本	装订	定价/元
01755	电气技术丛书——变电所运行与管理	16	平装	26
8213	电气设备丛书——电气测量仪器	16	平装	29
8108	电气设备丛书——电热设备	16	平装	38
7932	电气设备丛书——防爆电器	16	平装	29
8056	电气设备丛书——防雷与接地装置	16	平装	23
9148	电气设备丛书——电机原理与应用	16	平装	32
8701	电气设备丛书——开关电源技术	16	平装	35
00481	电气设备丛书——低压电器	16	平装	33
01089	电气设备丛书——触/漏电保护器	16	平装	32
03277	高压电器故障诊断与维修	大 32	平装	18
01221	技术工人岗位培训读本——维修电工(第二版)	大 32	平装	26
02926	变压器故障诊断与维修	大 32	平装	18
00298	发电机组维修技术	16	平装	43
03630	柴油发电机技术手册	16	精装	98
03779	变电运行技术问答	大 32	平装	19
04861	电机轴承使用手册	16	假精	58
04615	供用电技术手册	16	精装	88
04516	电气作业安全操作指导	大 32	平装	24
05081	工厂供配电技术问答	大 32	平装	25
03967	变电站综合自动化技术问答	大 32	平装	30
01943	实用电工速查速算手册	大 32	平装	22
00482	常用电器与设备维修速查手册	大 32	平装	25
05400	电力系统远动原理及应用	B5	平装	29
05429	蓄电池的使用与维护	大 32	平装	18
05715	电机检修速查手册	大 32	平装	48
06194	电气设备的选择与计算	16	平装	29
0669	电气图形符号文字符号便查手册	大 32	平装	45
06935	变配电线路安装技术手册	大 32	平装	35
07126	电动机维修	大 32	平装	15
06573	交流电机控制基础	16	平装	38
07733	实用电工技术问答	大 32	平装	39
07436	电动机保护器及控制线路	大 32	平装	18

书号	书　　名	开本	装订	定价/元
07881	低压电气控制电路图册	大 32	平装	29
08060	零起点看图学——低压电器的选用与维修	大 32	平装	25
08981	零起点看图学——电气安全	大 32	平装	18
09551	零起点看图学——变压器的使用与维修	大 32	平装	25
08596	实用小型发电设备的使用与维修	大 32	平装	29
08597	中小型电机绕组修理技术数据	大 32	平装	26
08271	低压电动机控制电路与实际接线详解	16 开	平装	38
09150	电力系统继电保护整定计算原理与算例	B5	平装	29
09682	发电厂及变电站的二次回路与故障分析	B5	平装	29
09669	简明电工操作技能手册	大 32	平装	48

CHANGYONG DIANJI RAOZU
JIANXIU SHOUCE

常用电机绕组检修手册

本手册是根据广大电机检修人员的实际需要而编写，是一本非常实用的工具书。

本手册分3篇。第1篇为电机绕组的制作与检修，全篇共11章，内容包括绕组制作的一般问题、绕组展开图的绘制方法与实例、绕组的拆除绕制与绝缘结构、 绕组的嵌线工艺、绕组的焊接工艺、绕组的绝缘处理、绕组的检查与试验、绕组的检修、电机绕组修理后的检查与试验、电机绕组改绕计算方法与实例和常用电机使用维护与故障排除；第2篇为常用电机绕组图，全篇共6章，介绍了各种常用电机绕组展开图与接线圆图；第3篇为常用电机技术数据，全篇共6章，介绍了各种常用电机的铁芯及绕组技术数据，并给出了各种常用电机电磁线代用速查表。另外，附录中还收录了电机绕组常用电磁线、绝缘材料及辅助材料的数据。

本手册突出实用、图文并茂、深入浅出、通俗易懂，书中列举了大量实例，具有易于迅速掌握和运用的特点。

本手册可供从事电机使用与维修的电工及有关技术人员使用，也可作为高等院校及专科学校有关专业师生的教学参考书，还可作为企业职工培训用参考书。





销售分类建议：电工

ISBN 978-7-122-10561-5



定价：98.00元